UEBER DIE LEHRE VON DEN MEERESSTRÖMUNGEN

Adolf Mühry

Ueber

die Lehre

von den

Meeresströmungen.

Untersuchungen

von

Dr. Adolf Mühry,

Verf. der Allgem. geographischen Meteorologie u. a.

Mit einer Kartenskizze.

Göttingen,

Vandenhoeck & Ruprecht's Verlag.

1869.

Avvertiamo una volta per sempre che in questo primo saggio non ci occupiamo che delle grandi fasi, e che non istudieremo certi dettagli, per importanti che siano, ... perchè come le montagne non si devono studiare col microscopio, così nemmèno questi grandi fatti.

P. Ang. Secchi, Bullett. meteorol. romano 1862, p. 21

Den

nautischen Vereinen und Lehranstalten

an der

süddeutschen und norddeutschen Seeküste

erlaubt sich,

diese schwachen Versuche

zuzueignen

der Verfasser.

Vorwort.

Die folgenden Blätter enthalten Untersuchungen über die Theorie und über das allgemeine tellurische System der Meeresströme. Unstreitig sind es eben die hydrodynamischen Principien, welche vorzugsweise der oceanischen Hydrographie noch mangeln, und ohne diese kann auch das System nicht verstanden werden. Hier ist wenigstens der Versuch gemacht, diesen Mangel zu verbessern; der Meeresströme physikalische und mechanische Ursachen oder Motive zu erkennen, ist zunächst erstrebt, und mit socher Leitung ist auch deren Anordnung zu einem grossen zusammenhangenden Ganzen auf der Erdkugel, wenigstens übersichtlich und in den Grundzügen zu verstehen gesucht.

Kenner werden nachsichtig darüber urtheilen, weil ihnen bekannt ist, dass bisher ein Versuch, das System in den Meeresströmungen aufzufinden, noch nicht unternommen war, und wenn das hier aufgestellte und dargebotene etwa ein lebhaftes Streben hervorruft, es zu verbessern, so würde der Hauptzweck des Verfassers erreicht sein; noch mehr aber wenn anerkannt würde, dass die Harmonie der Thatsachen beweis't, die Grundzüge des System's seien deutlich hervorgetreten, und wenn auch schon einiger praktischer Nutzen für die Seefahrt daraus gezogen werden kann.

Die drei Aufsätze, welche früher getrennt in Zeitschriften veröffentlicht waren, sind hier vereinigt, in mehr wissenschaftlicher Gestalt und nicht ohne vorher manche Verbesserungen und Zusätze erfahren zu haben.

Göttingen im August 1869.

Inhalt.

Capitel I.

Ueber die Theorie und das allgemeine System der Meeresströmungen.

Unverkennbar ist in neuester Zeit die Einsicht zunehmend, sie ist gleichsam in der Dämmerung begriffen, es bestehe in den oceanischen Strömungen, innerhalb der mannichfachen partiellen Verschiedenheiten, ein allgemeiner gesetzlicher Zusammenhang, ein tellurisches System, ähnlich wie in der Atmosphäre, und es werde auch dereinst gelingen, dieses System, wenigstens in den grossen fundamentalen Hauptströmen, aufzufinden, woraus unstreitig ein grosser Gewinn hervorgehen würde nicht nur theoretisch für die Geo-Physik an sich, sondern auch praktisch für die Klimatologie und die Nautik.

Bisher aber ist in dem Gewimmel der Meeresströme eine gesetzliche Ordnung nicht erkannt und noch weniger anerkannt worden: davon geben Zeugniss die neuesten Lehrbücher; auch ist zu bemerken, dass die eifrig betriebenen Untersuchungen in der oceanischen Hydrographie die Meeresströme vereinzelt zu verfolgen pflegen, und dabei der Leitung entbehren, welche richtige theoretische Principien immer auch schon bei der Aufnahme der Thatsachen gewähren. Zunächst fehlt es noch überhaupt an dem Fragen nach den Ursachen oder den Bewegungskräften der Meeresströme (freilich nicht mehr als dies auch den Luftströmen noch fehlt), dann an der richtigen hydrodynamischen Vorstellung von den Ursachen und von der Mechanik dieser Bewegungen, in der That in Bezug auf deren Erklärung bestehen noch unvereinbare Verschiedenheiten der Meinungen; endlich fehlt noch der Ueber-

blick über das geographische zusammenhangende Ganze *). Besondere Beweise für die genannten Mängel sind enthalten in der Art der Beurtheilung, welche noch einigen der wichtigsten grossen Meeresströmen zu Theil wird, z. B. der „grossen Westströmung" oder Aequator-Strömung, dem viel genannten Golfstrome, den Strömungen auf der Agulha-Bank an der Südspitze Afrika's, den verwickelten Strömungen im nördlichen Circumpolar-Becken u. a.

Indessen in neuester Zeit, wo die Physik ihr Gebiet so sehr erweitert und durch glänzende Entdeckungen sich erhoben hat sogar zur Conception einer Physik der Himmelskörper (Astrophysik), ist auch die Physik unseres winzigen Wohnsterns (die Geophysik) so weit gelangt, dass sichere Aussichten sich eröffnen für das Gelingen, durch rationelle Aufnahme und Composition der Thatsachen auch in diesen Bewegungen die allgemeine Gesetzlichkeit und die vernünftige tellurische Ordnung zu erkennen. Ein auf solche Weise entstandener Versuch, wenigstens die Grundzüge des Systems der Meeresströme aufzustellen, welcher bis zu einem gewissen genügenden Grade der inneren Consequenz nicht entbehrt, soll hier kurz und übersichtlich mitgetheilt werden, in der Erwartung dass die gewonnene Vorstellung der Beachtung, Prüfung und der Ausbildung nicht ganz unwerth erscheinen wird. Ist sie noch eine Hypothese, so werden Kenner eingedenk sein, dass fast alle Wahrheiten dereinst Hypothesen gewesen sind, obgleich freilich unter den letzteren die unermessliche Mehrzahl wie Nebel wieder sich auflösen **).

---

*) Zur Unterstützung dieses strengen Urtheils mag hier das noch geltende Zeugniss eines anerkannten Hydrographen angeführt werden nämlich A. H. Findlay's im Journ. of the geogr. Soc. 1853, pag. 217, welches sagt, dass, obgleich zahlreiche einzelne Thatsachen gewonnen seien, doch deren Vereinigung zu einem allgemeinen Systeme fast in demselben Zustande geblieben sei, wie zur Zeit wo Rennell seine „Untersuchungen über die Ströme im Atlantischen Meere" abschloss (1832). In M. Maury's trotz grossen Fehlern unzweifelhaft Epoche machender Physical Geography of the Sea ist noch nicht einmal der Versuch gemacht worden, die Meeresströme zu einem tellurischen System zu vereinigen, was doch bei den Luftströmen dort geschehen ist.

**) Die folgende Darlegung ist eine neue Bearbeitung früherer Untersuchungen (s. Klimatograph. Uebers. der Erde, Append. p. 702, 1862),

§ 1.

In der gesammten oceanischen Wassermasse auf der von West nach Ost hin sich umwälzenden Erdkugel bestehen zwei permanente sich durchkreuzende Bewegungen, welche die fundamentalen Ströme, oder gleichsam die Achsen aller übrigen bilden. Die eine ereignet sich der Länge nach, längs dem Aequator-Gürtel, sie ist die longitudinale, die andere ereignet sich der Breite nach längs den Meridianen, zwischen dem Aequator und den Polar-Gebieten, sie ist die latitudinale. Die Ursache der ersten dieser Bewegungen ist die Rotation der Erdkugel um ihre Achse unmittelbar, diese Strömung von Ost nach West hin fliessend ist Function der Centrifugal-Kraft (wobei die Wirkung des Passatwindes nicht verkannt werden soll); die andere Bewegung hat zu ihrer Ursache die permanent bestehende Temperatur-Differenz des Meerwassers zwischen den Polen und dem Aequator, in Folge deren innerhalb der oberen Schichten das kältere und daher schwerere Wasser der höheren Breiten der Gravitation gemäss fortwährend nach dem wärmeren und daher leichteren Wasser der unteren Breiten fliessen muss. Man beachte wohl, dass die Gravitation wieder die eigentliche ursprüngliche zu Grunde liegende Kraft ist, wie bei den Luftströmen.

Als dazu gehörend besteht für jede der beiden Bewegungen nothwendig ein rückkehrender Compensations-Strom, und so sind beide Bewegungen vollständiger zu nennen Circulationen; denn ein jeder bestehender Meeresstrom muss secundär einen ersetzenden Rückstrom veranlassen, zur Bewahrung des Gleichgewichts in horizontaler Ausdehnung am Orte des Abflusses. Freilich ist es oft schwierig, die primäre Strömung zu unterscheiden und die Art ihrer Bewegungskraft zu bestimmen, jedoch ist es immer von Wichtigkeit, wo möglich den primären Arm der Circulation zu unterscheiden von dem secundären compensirenden Arm, also Strom und Rückstrom. Aber nur bei den primären Strömen sind verschiedene Motive möglich, dagegen die secundären haben immer nur die Com-

---

und hat hier mehre sowohl theoretische wie empirische Verbesserungen erfahren.

pensation zum Motiv. Es ist aber hervorzuheben, dass die vorausgesetzte Motivkraft nur vor den Circulationen liegen kann, dass sie eine aspirirende ist, auch für den primären Arm. Dies ist charakteristisch, ja es kann als Kriterium gebraucht werden, um davon zu unterscheiden solche Strömungen, welche durch Winde veranlasst werden; die Windströme sind die einzigen, welche ein propulsives Motiv haben, eine vis a tergo; die Windströme sind „Triften" nicht „Züge", „drifts" nicht „tracts". Ausserdem besteht der Unterschied, dass Windströme (mit Ausnahme des Passats) nicht ausdauernd sind, und auch dass nach Aufhören des Windes direkt eine Rückströmung erfolgt, was einem Herabfliessen gleichkommt; also bei den Windströmen ist der primäre Arm propulsiv: eine Trift, jedoch der secundäre gleichfalls aspirativ: ein Zug.

Demnach giebt es im Ocean zwei fundamentale Circulationen auf jeder Hemisphäre:

1) Die longitudinale oder Rotations-Circulation, bestehend (primär) aus dem sehr breiten (etwa 45 Breitegrade) und mächtigen (über 5000 Fuss) Aequator-Strom, auch genannt die „grosse Weströmung", und (secundär) aus dessen, zu beiden Seiten in weiten Halbkreisen rückkehrenden, compensirenden Anti-Rotationsströmen, auf jeder der beiden Hemisphären (etwa bis 50° N sich erstreckend), in deren ruhigerem centralen Raume die grünenden Sargasso-Felder sich darstellen.

2) Die latitudinale oder Thermal-Circulation, bestehend auf jeder Halbkugel (primär) aus den kalten schwereren Polarströmen, und (secundär) aus den wärmeren leichteren, jene compensirenden Anti-Polarströmen; in Folge der nach dem Pole hin abnehmenden Geschwindigkeit der Erdrotation erfahren sie alle eine Drehung nach ihrer rechten Seite hin, und dadurch im Allgemeinen die schräge Richtung zwischen NO und SW auf der Nord-Hemisphäre, obgleich manche Abwendungen von dieser Richtung vorkommen, und zum grössten Theile erfolgt diese Circulation submarin und zwar mit vertikaler Unterordnung des kälteren Arms, indem die hydrothermischen Gesetze der Schwere dabei bestimmend sind.

Beide Circulationen ereignen sich in den oberen Schichten bis zu einer gewissen Tiefe, welche noch nicht genau be-

stimmt werden kann, aber sicherlich mehre tausend Fuss beträgt (also weit tiefer reicht als Winde allein jemals eine Fortbewegung der Wassermassen bewirken können), während bekanntlich in der untersten Grundschicht des Oceans fast völlige Ruhe anzunehmen ist, in Folge der dort bestehenden gleichmässigen Vertheilung der Temperatur des schwersten Wassers von etwa 4° C *). Es bedarf der Erwähnung kaum, dass wenn die Erdkugel allein mit Wasser bedeckt wäre, die Gestaltung des Systems der Meeresströmungen einfacher sein würde; die zwischenliegenden Landmassen hindern, dass die Rotations-Strömung die Erde wie ein einfacher Gürtel umkreist, worin auch schon die Compensation enthalten sein würde.

§ 2.

1) Für die mächtigste Strömung von allen, für die longitudinale, für die „grosse Westströmung", den Aequator entlang fliessend, haben wir als Motivkraft angenommen die Erdrotation direkt, die Centrifugal-Kraft selbst (also nicht etwa nur indirekt, wie bei den Passatwinden, nicht nur weil die nach dem Aequator hin zunehmende Drehungs-Geschwindigkeit allen vom Pole dahin aspirirten Strömen eine Biegung nach West hin ertheilt). Die Beweise dafür sind zunächst gefunden auf intuitive Weise, aus der Uebersicht des Ganzen der Erscheinungen selbst; aber freilich können sie nur dann auf Geltung Anspruch machen, wenn nicht die Theorie d. i. hier die mathematische Physik, die astronomische Mechanik, ihr Veto dagegen einlegt. In diesem Fall ist die Theorie selbst noch unsicher in ihrer Entscheidung, auch ist die Frage noch wenig behandelt, Experimente lassen sich dabei nicht zu Hülfe nehmen; es muss uns daher um so mehr willkommen sein, wenn einige grosse Autoritäten sich ausgesprochen haben für die Möglichkeit; und wirklich fehlen diese nicht ganz (während solche welche entschieden dagegen wären wohl kaum bekannt sind). Als solche Autoritäten können wir hier drei anführen.

---

*) S. später Cap. II, Note.

Zuerst ist Johannes Kepler zu nennen als theoretische Autorität für die Annahme, dass die Centrifugal-Kraft der Erde direkt mitwirkend bei der allgemeinen oceanischen Aequator-Strömung sei; dessen Ausspruch lautet (s. Opera omnia, ed. Frisch, Vol. VI, 1866, Epitome astron. Copernic. L. I. 5, VII, de motu terrae diurno p. 180). „Die Erfahrung der Seefahrer hat gelehrt, dass es schwieriger ist und längere Zeit erfordert auf dem afrikanischen Ocean nach Ost hin zu fahren als nach West hin, weil nämlich dieser mit fortwährender Bewegung nach West hin fliesst. . . . Die schon aufgezählten Umstände scheinen dem Monde noch hinzuzufügen die natürliche Beharrlichkeit der Wässer, welche im Westen in der Bewegung zurückbleiben, während die Erde sich umwälzt nach Ost hin *)." Als zweite grosse Autorität für unsere Annahme können wir anführen Immanuel Kant (s. Physische Geographie B. I. 1801, herausgegeben von F. Rink, §. 29), welcher überhaupt in neuester Zeit als exacter Naturphilosoph an Anerkennung gewonnen hat, wie auch seine Theorie über die mechanische Entstehungsweise der Weltkörper mehr und mehr Bestätigung erfährt **). Seine Worte lauten so bestimmt wie möglich: „Die allgemeine Bewegung des Oceans von Ost nach West rührt her von der Umdrehung der Erde um ihre Achse von West nach Ost, indem dadurch das Wasser gleichsam zurückgeschleudert wird." Als dritte grosse Autorität tritt ein für unsere Ansicht Fourier (s. Annales de chim. et phys. 1824, p. 140) ebenfalls mit Entschiedenheit in den Worten: „la force centrifuge . . . . déplace . . . les parties . . .

---

*) Der Originaltext lautet: Experientia nautica deprehensum est, difficilius et longiori temporis spatio navigari oceanum Africanum in orientem quam in occidentem, propterea quod is motu perenni ruat in occasum . . . . ipsae tamen circumstantiae jam numeratae videntur adjungere Lunae etiam inertiem naturalem aquarum ad motum restitantium in occidente, cum Terra se subducat in orientem."

**) Während, gelegentlich gesagt, seine Erkenntnisslehre daran verlieren muss, insofern sie für Raum und Zeit nur ideelle Existenz annahm. Es ist einfacher vernünftig, anzunehmen, umgekehrt, die Erkenntniss-Mittel sind angeordnet entsprechend der Realität, und weil nichts besteht ohne Raum und Zeit, kann auch nichts ohne diese gedacht werden; also das Subjekt ist gebildet gemäss dem Objekt.

de l'océan, elle y entretient des courants réguliers et immenses."

Die angeführten Aussprüche geben sogar mehr als wir vorerst verlangen. Unter dem Ausdruck „Rotation" als Motivkraft der allgemeinen den Aequator entlang die Erde umkreisenden grössten Strömung soll hier nur vorläufig eine gewisse Causalität bezeichnet werden, verschieden von anderen, bis die Erscheinungen selbst werden gesprochen haben. Die Einwirkung des Passatwindes soll dabei nicht ausgeschlossen werden, in welcher noch von der Mehrzahl der Geo-Physiker deren vorherrschende, ja die einzige Motivkraft erblickt wird; aber sie kann nicht die einzige und sicher auch nicht die hauptsächliche Ursache sein. Zunächst spricht dagegen die grosse Mächtigkeit der Aequator-Strömung von mehren tausend Fuss Tiefe, wie sie gefunden ist, theils in dieser selbst (z. B. Irminger fand auf 25° N, 65° W, in der Tiefe von 2930 Fuss eine Strömung nach Nordwest hin gehend, s. Zeitschr. f. Allg. Erdk. 1854, p. 173), theils in dem grossen Zufluss im pacifischen Becken in der Humboldt-Strömung längs der Westküste von Süd-Amerika (diese ist bis 5000 Fuss reichend gefunden von Dupetit Thouars und Tessan; s. Voy. de la frég. Vénus autour du monde, Physique). Es ist nicht wahrscheinlich, dass die Propulsion des sehr schwachen Passatwindes eine so mächtige Schicht des Meeres fortschiebt*); schon die Existenz der so mächtigen antarktischen Ströme an den Westküsten von Süd-Amerika, Süd-Afrika und Australien, welche zur Compensation dahingerissen werden, gegen ihre normale Richtung, welche sie nach Nordwest hin führen würde, ist ein beredtes Zeugniss. Was die Ausdehnung in die Breite, Gestalt und Richtung betrifft, so müsste, wenn der Passat die eigentlich treibende Kraft wäre, auch in der Aequator-Strömung dessen Verhältnisse sich aussprechen, was aber entschie-

---

*) Diese Ansicht äussert auch Fr. Arago (s. Annuaire, par le bur. des Longit. 1836, p. 315), und fügt hinzu, dass nach seiner Meinung die stärkste Wirkung unserer stärksten Stürme die Oberfläche des Meeres erheben könne nicht um mehr als sechs Fuss, und schwerlich könne dadurch eine Strömung entstehen, die nicht nach einigen hundert Meilen völlig erschöpft sei.

den nicht der Fall ist, weder im atlantischen noch im pacifischen Becken. Zunächst die Richtung würde dann nicht rein von Ost nach West hin gehen, und im Atlantischen Meere geht sie sogar nach Nordwest, sondern nach Südwest auf der Nord-Hemisphäre und nach Nordwest auf der Süd-Hemisphäre kommen; und in weiterer Folge davon müsste zwischen den beiden convergirenden Passaten längs dem Calmengürtel eine Aufstauung der Wassermassen sich bilden, wovon auch nichts bemerkt wird; auch müsste dann da wo der Passat fehlt, auch ganz die Strömung fehlen, z. B. an der Südküste von Guinea im Sommer während des Wehens des Südwest-Monsun, was nicht geschieht; und die ganze Breite der Aequator-Strömung müsste mit derjenigen des Passat-Gebiets zusammenfallen und damit jahreszeitlich schwanken, was sich nicht so verhält *). Endlich ist noch das Kriterium anzuwenden, was überhaupt die durch die Winde bewegten Strömungen unterscheidet und erkennbar macht, d. i. die Zeichen dass diese ein treibendes, also im Rücken befindliches Motiv haben, während der Umschwung ein vorne befindliches aspiratives Motiv darstellt, was in den Erscheinungen sich kundgeben muss; nun aber kann man wirklich solche Zeichen und Beweise für den Umschwung erkennen in der bekannten Thatsache, dass in der heissen Zone über Untiefen das Meerwasser kühler zu sein pflegt, was am besten erklärt wird durch die Annahme: dort werde aus den tieferen Schichten das kühlere Wasser die flache Küste schräg ansteigend nach oben hin gerissen, was aber nicht wohl bei einer vom Winde getriebenen Strömung (Trift) geschehen kann, weil der Wind ja mehr oder allein von der Oberfläche schräg abwärts wirken muss.

Humboldt giebt dem Aequator-Strome den Namen „Rotationsstrom“, jedoch ohne näher hinzuzufügen in welchem Sinne; es heisst nur (s. Kosmos oder Entwurf einer physischen

*) Die Breite der Aequatorströmung ist zwar nicht scharf begrenzt anzugeben (und vielleicht verlieren sich die Gränze und die Geschwindigkeit allmälig); auf dem Pacifischen Meere, wo die Entwicklung am vollständigsten zu Stande kommt, erstreckt sich die Breite, nach Duperrey, zwischen 24° N und 26° S, nach den neuesten Karten (z. B. von H. Berghaus und A. Petermann), etwa zwischen 23° N und 23° S, aber ohne jahreszeitliche Schwankung.

Weltbeschreibung B. I, 1845, p. 326): „Die allgemeine Bewegung der Meere zwischen den Wendekreisen (Aequatorial- oder Rotations-Strom genannt) von Ost nach West hin wird als eine Folge der fortschreitenden Fluthzeit und der Passatwinde betrachtet.“ Der grosse Naturforscher wollte offenbar in der Erklärung, welche die Centrifugal-Kraft bietet, nicht weiter gehen, als sie nur andeuten, soviel in dem Worte „Rotation“ davon enthalten ist. Es ist wohl kaum nöthig zu erinnern, dass die Fluthbewegung, welche täglich ihre zwei Meridian-Wellen um die Erdkugel führt, etwas ganz verschiedenes ist von der Rotations-Strömung; jene erstreckt sich über alle Breiten und veranlasst überhaupt keine Fortbewegung der Wassermasse, sondern nur Wellen, d. s. Schwingungen; diese Fluthwelle erreicht im offenen Ocean doch nicht mehr als einige Fuss Höhe, und obgleich oder weil erwiesen ist aus der Wellenlehre (s. E. und W. Weber, Wellenlehre 1825, §. 106): „Die schwingende Bewegung welche eine Welle im Wasser verursacht, ist noch wahrnehmbar in einer Tiefe die der 350-maligen Höhe der Welle entspricht, danach würde eine 10 Fuss hohe Meereswelle bis zu einer Tiefe von 3500′ noch Bewegung veranlassen“, so können die vorliegenden Phänomene der Aequator-Strömung auch durch diesen Factor, der Fluthbewegung, sicher nicht erklärt werden. Solcher Annahme widersprechen auch in ganz besonders entschiedener Weise die zu beiden Seiten des Aequator- oder Rotations-Stromes in weitem Halbkreise nach Osten hin, also gegen die Fluthwelle, zurückfliessenden Rück-Ströme, die Compensations-Arme der Rotations-Strömung, welche zugleich einen weiten Centralraum umschliessen mit ruhigem Wasser und mit schwimmendem Seetang erfüllt, die Sargasso-Wiesen. Wie kann die Fluthwelle solche Erscheinungen hervorrufen? Wir meinen also, wenn kein Mond vorhanden wäre, würde auf der um ihre Achse sich wälzenden Erde die Aequator-Strömung dennoch bestehen, aber diese würde nicht bestehen, wenn die Erdkugel nicht um ihre Achse sich drehte, möchte der Mond sie immerhin täglich umkreisen.

Freilich muss auch eine nur indirekte Wirkung der Erdrotation zugestanden werden, wie sie bei den Luftströmen des Passats so deutlich stattfindet, insofern die nach dem Aequa-

tor hin zunehmende Geschwindigkeit der Erdrotation den vom Pole dahin fliessenden Strömen eine nach West hin abbiegende schräge Richtung ertheilt. Jedoch die Polarströme im Ocean befinden sich zum grössten Theile nicht auf der Oberfläche, sondern unter der Oberfläche, sind submarin, in gewisser Tiefe fliessend, aus welcher sie erst unter dem Aequator aufsteigen, um zum Ersatze nach dem Pole zurückzukehren (s. später Cap. III, Note). Eben diese Ascension in der Gegend des Aequators dient dazu, das Bestehen und Zustandekommen einer Rotations-Strömung auf der Oberfläche mittelst näherer Versinnlichung des Vorgangs noch annehmbarer zu machen. Denn indem die Wässer aufsteigen, gelangen sie auch in senkrechter Richtung zunehmend in Schichten mit etwas grösserer Rotations-Geschwindigkeit, und dies muss veranlassen ein Zurückbleiben der unteren Schichten im Osten und eine schräge nach West hin voreilende Ascensions-Strömung, welche auf der Oberfläche als eine Weströmung sich darstellt. Indessen dies ist nur ein untergeordnetes Moment; die ganze Breite und Mächtigkeit der allgemeinen Aequator-Strömung kann und soll dadurch allein nicht erklärt werden.

2. Als die Ursache der latitudinalen Circulation haben wir angenommen die Temperatur-Differenz der Wasser zwischen Aequator und Pol, indem hier das Wasser, weil es kälter ist, auch dichter und schwerer ist, obgleich die grössere Ausdehnung welche wärmeres Wasser besitzt als kälteres wenig beträchtlich ist; man kann annehmen, die Ausdehnung des Wassers bei 4° und bei 30° C verhält sich wie 1000 zu 1005. Vielleicht ist diese Ursache zuerst von Fr. Arago ausgesprochen worden (s. Annuaire, par le bureau des Longitudes 1836). Es ist auffallend, dass diese richtige Ursache bisher so wenig zur Deutung der Erscheinungen angewendet ist, nicht die allgemein geltende ist, obgleich sie doch sofort als den passenden Schlüssel sich bewährt; im Gegentheil, man findet mehrere andere unannehmbare Erklärungen noch vorgezogen (namentlich Verschiedenheit in der Vertheilung des Salzgehalts, der Regenmenge, der Verdunstung und der Winde). Ein besonderes Hinderniss hat hier der Erkenntniss der Wahrheit entgegengestanden, nämlich eine Uneinigkeit über das im Meerwasser gültige hydrothermische Gesetz der Schwere, in-

dem Physiker ersten Ranges dafür hielten, dieses Gesetz sei ein verschiedenes im salzigen Meerwasser von dem im süssen Wasser; es handelt sich dabei um die Bestimmung des Temperaturgrades, bei welchem die grösste Dichte und also Schwere des Meerwassers eintritt, ob nahe bei 4° C, wie im süssen Wasser, oder aber, wie im Cabinet angestellte unvollständige Experimente ergeben hatten, bei einer Kälte von mehren Graden unter dessen Frostpunkte *). Obgleich die in der grossen freien Natur von grossen Seefahrern aufgenommenen Beobachtungen gelehrt haben, dass das Gesetz des süssen Wassers auch im Meere gelte, hat noch bis in die neueste Zeit das erwähnte Hinderniss bestanden (nicht nur in Frankreich, durch die grosse Autorität des Physikers Despretz; jedoch ist wichtig hinzuzufügen, dass in jüngster Zeit das Hinderniss neu geprüft zu werden scheint, wie sich ersehen lässt aus einem in der Académie des Sciences abgestatteten Berichte, betreffend ausgeführte hydrographische Untersuchungen im atlantischen Meere, von Savy, s. Compt. rend. Par. 1869 Nr. 9). — Am überzeugendsten ergiebt sich die Richtigkeit der Annahme, in den Temperatur-Verhältnissen liege die primäre Ursache dieser Circulation, wenn man davon Anwendung macht auf die Erscheinungen der Strömungen im grossen Ganzen der Natur selbst; zumal da keine der anderen angenommenen Ursachen im Stande ist die Constanz der Circulation zu erklären, noch auch die bei vorkommenden Kreuzungen sich bildende Anordnung der Ströme unter einander in vertikaler Folge, welche völlig regelmässig, besonders im Circumpolar-Becken, nach Massgabe und zur Bestätigung des angegebenen hydrothermischen Gesetzes der Schwere sich darstellt, obgleich, wie gesagt, der Unterschied der Dichte und also Schwere immer nur sehr gering bleibt. Man kann unsicher sein darüber, welche der beiden Arme der Circulation der primäre ist, ob der kalte polarische oder aber der wärmere antipolarische, insofern nämlich auf der heissen Zone das wärmere Wasser ein etwa um 10 Fuss höheres Niveau **) zu erreichen die Ten-

*) S. später Cap. II, Note.

**) Dabei ist angenommen, dass dort eine Wassersäule, welche aus der Tiefe von 7200 (engl.) Fuss bis zur Oberfläche eine progres-

denz haben muss, und daher als auf geneigter Fläche zum Abfliessen genöthigt gedacht werden könnte. Aber wie völlig bedeutungslos dieser Umstand ist für ein Gefäll auf der Oberfläche, hat mathematisch gezeigt Sir John Herschel (Phys. Geogr. 1861, §. 57). Für uns ist der primäre Arm der schwerere, d. i. der polarische kältere Strom, welcher, der Gravitation zufolge, nach dem leichtern Wasser der heissen Zone fällt in horizontaler Richtung, d. h. aspirirt wird; der secundäre Arm ist der rückfliessende antipolarische, er hat zum Motiv den Ersatz des Abflusses, ist daher der Compensations-Arm; beide Arme haben also ihr Motiv vor sich (nicht wie die Windströme im Rücken); jener ist zum grössten Theile, weil kälter, submarin fliessend, dieser, weil wärmer, oberflächlich fliessend (und ist am bekanntesten in dem berühmten Golfstrom des Atlantischen Meeres, dessen nördliche Hälfte er bildet); aber in den hohen Breiten wird diese vertikale Ordnung der beiden Arme zu einander eine umgekehrte. — In der untersten Schicht, am Grunde des Oceans, besteht gleichmässig vertheilt die Temperatur des Dichte-Maximum des Wassers von etwa 4° C, und damit Ruhe, keine Strömung; diese homothermische Grundschicht wird erreicht unter dem Aequator ungefähr in der Tiefe von 7000 Fuss (2200 Meter), aber nach dem Pole hin in zunehmend geringerer Tiefe, bis sie die Oberfläche erreicht, und dann weiter nach dem Pole hin wieder schräg abwärts steigt, unter das noch kältere und damit leichtere Wasser (die bathothermischen Untersuchungen haben dies normale Verhalten als unzweifelhaftes Ergebniss erhalten, vor allem ist es auf dem weiten süd-hemisphärischen oceanischen Gebiete durch James Ross festgestellt). Freilich vollständig und ewig kann die Ruhe am Grunde des Oceans nicht sein, einige Bewegung muss man auch dort annehmen, theils insofern die Fluthwellen und Sturmwellen so weit in die Tiefe Schwingungen verbreiten können, theils in so fern die Centrifugalkraft, welche wir in der Aequatorströmung als wirksam anerkennen, bis in beträchtliche Tiefe, wenn auch von oben nach unten schwächer werdend, sich äussern muss, und theils

sive Zunahme der Temperatur erfährt, von 4° C bis 28° C vorhanden ist.

insofern, im Falle der völligen Ruhe am Grunde, unter dem Aequator die von der Oberfläche abwärts sich mittheilende Insolations-Wärme auch in der Tiefe constant sich finden würde wie in den Landseen, was im Meere verhindert wird durch die vom Pole her vorrückenden kalten Wasser.

Zu gedenken ist noch einer der anderen, jedoch für uns nicht annehmbaren, Vorstellungen von der Ursache dieser zwischen Pol und Aequator vorgehenden Meeresströmungen, d. h. also einer anderen Deutung der Schwere-Differenz im Weltmeere und des unablässigen Austausches der Gewässer zwischen beiden Punkten. Als solche findet sich, neben der Temperatur-Differenz, eben so häufig und von hochgeachteten Autoritäten auch angenommen eine Differenz im Salz-Gehalt des Meerwassers. Obgleich wir dieser Meinung nicht beistimmen können, verdient sie hier doch Erwähnung und Erwägung.

Im Falle plötzlich ein Unterschied im Salzgehalte des Meers zwischen Pol und Aequator eintrete, dann würde unstreitig das salzreichere Wasser, als das schwerere, nach dem salzärmeren und daher leichteren hinfliessen, und zwar würde dabei jenes unten in der Tiefe sich halten, dies dagegen oben; aber so würden sie beharren, entweder in vertikaler Richtung über einander gelagert, wie Wasser und Oel, oder der Salzgehalt würde sich ausgleichen nach allen Richtungen hin, es würde also keine permanente Circulation entstehen. Dies könnte nur dann geschehen, wenn ein Faktor vorhanden wäre, welcher den räumlichen Unterschied beständig erneuerte, also entweder an dem einen Ende den Salzgehalt beständig vermehrte oder an dem anderen Ende ihn beständig minderte, analog wie wirklich durch die Insolation eine Temperatur-Differenz an beiden extremen Punkten unterhalten wird. Aber ein solcher Faktor ist für den Salzgehalt nicht zu erkennen (denn man kann doch weder auf der heissen Zone ein Mittel der Vermehrung des Salzgehalts erkennen in der intensiveren Verdunstung, welche ja doch nur etwa 15 Fuss im Jahre beträgt und zum grossen Theil durch den Regenfall, von etwa 8 Fuss, wieder compensirt wird, noch kann man auf dem Polargebiete ein Mittel der Minderung des Salzgehalts erkennen in dem sommerlichen Schmelzen der Eisdecke, welche

etwa nur 10 Fuss beträgt und früher, im Winter, beim Gefrieren, ihr Salz an derselben Stelle ausgeschieden, also das flüssig gebliebene Wasser damit beschenkt hatte). Demnach ist schon a priori eine beträchtliche und bleibende räumliche Verschiedenheit in der allgemeinen Vertheilung des Salzgehalts im Weltmeer nicht wahrscheinlich.

Aber ausserdem sprechen die zu Grunde gelegten Thatsachen selber dagegen; zunächst wird dies erwiesen schon dadurch, dass die Annahmen davon geradezu sich widersprechen. Denn diese sind einzutheilen nach drei ganz verschiedenen Befunden der oceanischen Salz-Vertheilung. Nämlich erstlich giebt es eine Meinung, welche eine grössere Salzmenge am Aequator annimmt und also hier ein grösseres specifisches Gewicht des Meerwassers, und eine Abnahme nach den höheren Breiten hin; diese Annahme liegt zu Grunde, freilich nur in Verbindung mit der Temperatur-Differenz, namentlich den Erklärungen von Fr. Arago *) und besonders von M. Maury, und ist vorzugsweise angewendet für den Golfstrom; jedoch mangelt dabei der thatsächliche Nachweis, und zumal müsste dann der Golfstrom der schwerere sein (entgegen wirkend der höheren Temperatur), und demnach unter dem Polarstrome fliessen, was bekanntlich geradezu umgekehrt sich verhält; dies allein ist schon ein genügendes Gegen-Zeugniss; — eine zweite Meinung nimmt an ganz entgegengesetzt, wenigstens so weit die heisse Zone reicht, eine Abnahme der Salzmenge nach dem Aequator hin, wie gefunden ist von Beechey, King u. A., und in neuster Zeit von Toynbee und Savy, — drittens giebt es Befunde, welche eine gleichmässige Vertheilung lehren, was namentlich E. Lenz als das Ergebniss seiner zahlreichen und sorgfältigen Beobachtungen ausspricht: „das Weltmeer hat vom Aequator bis 45° der Breite in allen Tiefen bis zu 1000 Toisen (6000 Fuss) ein und denselben Salzgehalt" (Mém. de l'acad. S. Pet. 1830, p. 284). — Was die Polargegend der Nord-Hemisphäre betrifft, so muss man zugestehen, dass dort übereinstimmend eine etwas geringere Salzmenge im

---

*) Die hierauf bezüglichen Worte Arago's (l. c. p. 327) lauten indess nur sehr kurz: „Des courants, engendrés par des différences de salure et de température, existent à toutes les profondeurs."

Sommer gefunden wird; indessen ist bei dieser Frage sehr wohl zu unterscheiden der Winter; denn im Sommer muss das Schmelzwasser, weil salzarm, oben schwimmend bleiben und die Untersuchung stören, weshalb im Winter die einzig dafür geeignete Jahrszeit ist; und die einzige bekannte Untersuchung in dieser Jahrszeit hat wirklich das specifische Gewicht wenigstens so gross gefunden wie das allgemeine Mittel des Oceans, nämlich in der Baffin's Bay im März zu 1028, oben wie in der Tiefe, bis 680 Fuss; freilich im August nur 1023, jedoch in der Tiefe auch dann wieder 1028 (von M'Clintock, s. Fitz Roy Meteorol. Papers, Nr. 4, 1860).

Demnach scheint es durchaus richtig, anzunehmen, die Salzmenge sei im Ocean im Allgemeinen gleichmässig vertheilt, ausser stellenweise und zeitlich, wo und wann süsses Wasser auf der Oberfläche hinzugeführt wird aus Flüssen oder durch Regen, Schnee und schmelzendes Eis (auch in Forchhammer's sorgfältigen Vergleichungen können wir ein anderes Ergebniss nicht erkennen, s. Om Sövendetes Bestanddele og deres Fordeling i Havet, 1859), so dass die Ursache der so constant sich erhaltenden fundamentalen Circulation der Meeresströmungen in einer vermeinten permanenten Ungleichheit in der Vertheilung der Salzmenge zu finden, durchaus unannehmbar erscheinen muss; wohl aber besteht eine solche erforderliche Constanz der Ungleichheit in der Vertheilung der Temperatur der oberen Meeresschichten.

Wir haben bisher nur von den fundamentalen Meeresströmungen gesprochen, und als solche angenommen zwei sich durchkreuzende Circulationen. In der Wirklichkeit aber werden die normalen Verhältnisse verdeckt durch sehr mannichfache locale und temporäre Störungen, so dass man wahrlich sprechen kann von einem scheinbar ungeordneten Gewimmel von Meeresströmen. Als verschiedene Formen der Strömungen kann man bezeichnen Deflectionen, Detractionen, Circumflectionen, Circumtractionen, Retrotractioen u. a.; als Ursachen der Störungen sind wieder zu unterscheiden propulsive oder aber aspirative; und unter den fremden, nur temporär hinzukommenden, Störungen sind vor allen zu beachten und von Bedeutung die von der Fluthwelle bewirkten und noch mehr die von den Winden, die Windströme. Die W i n d s t r ö m e sind

so häufig und daher so wichtig, dass deren Unterscheidung immer das erste Erforderniss ist, und dazu kommt dass sie ein nur von ihnen eigenthümliches Kriterium haben, d. i. das propulsive Motiv, sie allein sind Triften, sie allein haben ihr Motiv, nicht vor sich, sondern im Rücken, sie werden geschoben und nicht gezogen, und daran sind sie kennlich *).

In Hinsicht auf die Dauer muss man unterscheiden constante und temporäre, unter letzteren ferner periodische und nicht periodische, auch nur momentane. — Zu trennen sind die localen seitlichen Gegenströme, d. s. locale compensirende Ströme, Retrotractionen.

§ 3.

Wir gehen nun über zur Darlegung des empirischen Verhaltens selbst, und werden die beiden im Meer angenommenen sich durchkreuzenden fundamentalen Circulationen mit unserer theoretischen Auffassung und Deutung in den drei grossen oceanischen Becken und auf beiden Halbkugeln nachzuweisen suchen.

1. *Die longitudinale oder Rotations-Circulation.*

Man kann annehmen, die ganze Breite dieser grössten, längs der Mitte zwischen den beiden Halbkugeln sich bewegenden Circulation umfasst mit ihren beiden im Halbkreis rückkehrenden compensirenden Anti-Rotationsströmen etwa 100 Breitegrade, wenn sie ungestört sich entwickeln kann, zwischen 50° N und 50° S. Der primäre Arm aber, der Aequator- oder Aequinoctial- oder der Rotationsstrom, die „grosse Westströmung“ (oder geradezu gesagt der Centrifugal-Strom) hat eine Breite von etwa 45 Breitegraden zwischen 23° N und 23° S, und die Tiefe dieses Hauptstroms beträgt nachweislich mehr als 5000 Fuss. Die Geschwindigkeit wurde verschieden gefunden, im Atlantischen Meere binnen 24 Stunden zu 2½ Meilen (10 Seemeilen), nach Daussy und

*) Vielleicht kann man hierauf ein Verfahren gründen, sie zu erkennen, denn an einem entgegengestellten Gegenstande muss sich auch dies äussern.

Humboldt, aber gerade auf dem Aequator fand sie J. Ross zu 20 Seemeilen, und auf 2° N zu 50 Seemeilen; noch grösser fand sie E. Sabine, zu 60 Seemeilen; auch im pacifischen Meer ist die Geschwindigkeit gefunden zu 16 bis 32 Seemeilen täglich. Der Theorie zufolge würde die Geschwindigkeit am grössten sein gerade längs dem Aequator, und abnehmen nach den Polen hin, aber dies ist noch wenig beachtet bei den schwierigen Untersuchungen, und, bestehen manche partielle parallele schmale Ströme neben einander, auch dazwischen Gegenströme, und Winde sind nicht ohne Einfluss.

1) Im Atlantischen Becken. Der Rotations-Strom zeigt hier eine besondere unregelmässige Gestalt, welche ihm die Configuration des Beckens aufnöthigt dadurch, dass im nordwestlichen Theile die weite Ausbuchtung des caribischen Meeres und des mexikanischen Golfs ihm offen steht zu weiterer Entwicklung in solcher Richtung. Wenn der Umschwung die Motivkraft ist, so muss er eine Gestalt annehmen, welche er in der Wirklichkeit zeigt, eine Ausdehnung nach Nordwest hin, und dieser entsprechend eine Verkürzung oder Verkümmerung des südöstlichen Theils; in der That im Nordwesten reicht er bis 30° N, im Südosten beginnt er kaum bei 10° S. Man kann hierin wohl einen ferneren Beweis erkennen für die Centrifugalkraft, welche allein so sich äussern kann, denn der Passat müsste ihn hier nach WSW treiben; auch weht der Passat im Winter ja nur bis 25° N, und der starke Nordwest-Wind müsste dann hindernd sich äussern. Der Rotationsstrom bezieht einen vorzüglichen Zufluss und nimmt gleichsam seinen Ausgang von dem antarktischen kalten Strom, welcher längs der Westküste Süd-Afrika's herunter kommt; dann zieht er zunächst gerade nach West, überwiegend auf der nordhemisphärischen Seite des Aequators, jedoch ohne im Calmengürtel zu mangeln, so viel bekannt ist, auch nicht während des sommerlichen SW Monsun an der Guinea-Küste fehlend, was doch beides geschehen würde, falls der Passat allein die bewegende Kraft lieferte; er tritt gegen die Küste von Süd-Amerika, welche ihm eine Spitze entgegenstellt, und trennt sich hier, den Küsten folgend, in einem nach Nordwesten hinströmenden, weit grösseren nordhemisphärischen Theil,

und in einen kleinern, nach Südwest hin sich wendenden südhemisphärischen Theil.

Der nordhemispärische Theil des Aequatorstroms fliesst, wie gesagt, in die grosse westindische Ausbucht längs der Küste nach Nordwest hin bis 30° N; die weitere Fortsetzung ist ihm verschlossen, und nun entsteht ein Rückfluss in weitem Halbkreis, Circumflection und Circumtraction, indem im Osten für den Abfluss der Compensations-Bedarf sich geltend macht. Dieser compensirende Anti-Rotationsstrom umkreist die Azoren und geht dann nach Südosten zur afrikanischen Westküste, um den Kreislauf aufs neue zu beginnen; er ist zugleich der viel genannte und sehr wichtige Golfstrom, genauer nur dessen südliche Hälfte (die nördliche Hälfte werden wir kennen lernen als den compensirenden Arm der latitudinalen Circulation bildend). Es würde übrigens unrichtig sein, wenn man sich vorstellte, die aus dem mexikanischen Golf zurückkehrenden und durch den engen Ausgang zwischen der Südspitze von Florida und Cuba sich drängenden Wässer bildeten den ganzen Golfstrom; im Gegentheil, dieser ist weit breiter zu denken, analog wie im pacifischen Meere der japanische Strom; er ist auch deutlich in der Inselgruppe der Bahamas zu erkennen, denen er noch das tropische Klima bringt.

Der südhemisphärische Theil des Aequatorstroms geht, angelangt an der Küste Brasiliens, mit Deflection, dieser entlang nach Südwest hin. Als ein Beweis für die grosse Mächtigkeit dieses sogenannten brasilischen Stromes wird mit Recht die Thatsache angeführt, dass der ihm in die Seite fallende Laplata-Fluss keine Verschiebung bewirke, wie auch dasselbe für den nordhemisphärischen Theil in Bezug auf den Amazonas gesagt werden kann. Dann sehen wir analog auch hier wenigstens einen Theil, den nördlichen, umbiegen und ostwärts zurückkehren, als Anti-Rotationsstrom, nach der Westküste Süd-Afrika's, nur aus dem Motiv der ihn aspirirenren Compensation; aber freilich nicht in gleichem Betrage wie der analoge auf der Nordhälfte, weil ausserdem der schon genannte grosse antarktische Strom von Südwest her zur Compensation des atlantischen Rotations-Stroms ostwärts gezogen wird, und die Westküste Süd-Afrika's hinunter fliessend in

diesen Strom übergeht; wie überhaupt und erklärlicher Weise der Rotationsstrom seinen Zufluss in weit grösserem Maasse bezieht von dem weiteren oceanischen Gebiete der Süd-Hemisphäre her als der Nord-Hemisphäre.

2) Im Pacifischen Becken. Hier hat der Rotationsstrom eine weit grössere Länge als im atlantischen Meer, und damit im Verhältniss bedarf er auch stärkeren Ersatzes; dies ist im voraus zu erwarten. Dadurch wird erklärlich, dass hier ein noch mächtigerer Strom von Südwesten her zu dem Zwecke herangezogen wird als der analoge im Atlantischen Meere, eine Detraction; dies ist der grosse antarktische oder Humboldt-Strom an der Westküste Süd-Amerika's. Man darf wohl noch einmal erwähnen, dass nicht denkbar ist, wenn der Aequatorstrom eine nur von dem so schwachen Passatwinde fortgeschobene Strömung, d. i. Trift, wäre, bedürfe er eines so mächtigen Zuflusses, hier gefunden bis 5000 Fuss tief, welche von den höheren Breiten herab sogar gegen die, dort freilich weit geringere, Wirkung der Erdrotation hergezogen wird. Aber bei Annahme der Centrifugalkraft ist sehr wohl denkbar, dass der Compensations-Bedarf zunehmend mit der Verzögerung zu einer unwiderstehlichen Gewalt sich steigern kann. Auch in diesem Becken, wo die ganze Gestalt des Rotationsstroms regelmässiger sich entwickelt, ist nicht zu bemerken, dass der Calmengürtel in der Meeresströmung sich ausspreche. Diese zieht gerade nach West hin, freilich ebenfalls mit manchen partiellen Strömen und Gegenströmen.

Der nordhemisphärische Theil trifft auf die grossen Inseln und Halbinseln des indo-malayischen Archipelagus und Süd-Asiens, findet dort seine Schranke, wird abgelenkt und beginnt dann seinen Rückfluss, den Compensations-Arm, welcher auch in diesem Becken in einem weiten Halbkreise nach Nordost, Ost, etwa zwischen 40° und 50° N, und dann nach Südost gezogen wird, und längs der californischen und mexikanischen Küste in die Circulation wieder sich einfügt, so ebenfalls deutlich die Analogie mit dem Verhalten im atlantischen Becken erweisend, wie er denn auch betrachtet werden muss als die südliche Hälfte des pacifischen Golfstroms oder der japanischen Strömung. — Besonderer Weise findet sich wenige Grade nördlich vom Aequator auch eine starke äqua-

toriale Gegenströmung, gerade nach Ost hin fliessend, für diese wird sogleich eine Deutung sich ergeben, wahrscheinlich gehört sie ursprünglich zum südhemisphärischen Theile.

Der südhemisphärische Theil trifft, nach manchen partiellen Störungen in der polynesischen Inselwelt, auf die Ostküste Australiens und Neu-Guinea's, und nun ist die Richtung dieser Küsten wohl zu beachten; diese geht, nicht wie die der analogen Küste von Südamerika nach Südwest, sondern nach Nordwest; in Folge davon gleitet ein grosser Theil des herankommenden Rotations-Stromes in dieser Richtung weiter, gelangt dadurch sogar auf die nördliche Seite des Aequators, und hier, zurückgewiesen von den entgegenstehenden Landmassen, wendet er um, eine Circumtraction, und durchläuft als ein mittler Compensations-Strom den Weg zurück ostwärts. Dies ist die Deutung, welche am ansprechendsten sich ergiebt für den bekannten in der Mitte des nordhemisphärischen Theils des Aequatorstroms bestehenden Gegenstrom. Indessen da die Ostküste Australiens etwa bei 25° S doch auch nach Südwest streicht, so geht auch ein Theil des Rotationsstroms diese entlang, wie auch ein anderer Theil an der vorliegenden Küste von Neu-Seeland hinauf geht, und beide biegen um ostwärts zur Compensation zurückkehrend. Genaueres ist über das Verhalten dieses südhemisphärischen Anti-Rotationsstromes noch nicht bekannt, aber vermuthlich ist er grösser als bisher angegeben ist, entsprechend der Länge des Raums und dem damit zunehmenden Compensations-Bedarf, und wahrscheinlich besteht daraus zum grössten Theile der schon erwähnte sogenannte antarktische Humboldt-Strom, welcher ja auch erst bei Chiloë (44° S) die Westküste Amerikas berührt und keinen jener kolossalen antarktischen Eisberge dahin führt.

3) Im indischen Becken. Einige Zweige des pacifischen Rotationsstroms finden durch die Inselgruppe des indischen Archipelagus einen Weg weiter nach West hin, namentlich durch die Torresstrasse; aber im ganzen mangelt hier im indischen Becken der nordhemisphärische Theil der Rotations-Circulation und beherrscht hier der südhemisphärische Theil die Wassermasse; auch bewirken die wohlbekannten Monsun-Winde manche periodische Triften und secundäre Züge (Zu-

triften oder Abtriften). Dennoch macht auch hier die Rotations-Strömung mit ihrer allgemeinen nach West gehenden Tendenz sich geltend, und eben deren dortige Existenz, trotz der Monsune, darf als besonderer Beweis angesehen werden für deren angenommene Ursache. Sie nimmt auch hier ihren Ausgang aus einem antarktischen Strome, welcher längs der Westküste Australiens herunterkommt; dann, nach West fliessend, theilt sie sich an der entgegenstehenden Küste Afrika's, und der nördliche Theil geht, sich umbiegend, zurück ostwärts zur Compensation. Der südliche Theil aber geht als der bekannte warme Mozambique-Strom die Ostküste Südafrikas hinauf (wie schon Marco Polo erfahren hatte), und wieder sehen wir dann nicht fehlen eine umkehrende und zum Ersatz ostwärts ziehende Rückströmung (während die andere Hälfte polwärts sich fortsetzt, der latitudinalen Circulation angehörend). Gelegentlich sei erinnert dass die frühere Ansicht, der Mozambique-Strom umfliesse die Südspitze Afrika's, und es sei dessen Fortsetzung der Strom, welcher an der Westküste Süd-Afrika's herabfliesst, erst seit kurzer Zeit berichtigt ist, und zwar vorzugsweise in Folge von Anwendung richtiger theoretischer Principien, welchen bald die empirischen Befunde bestätigend sich anschlossen.

§ 4.

2. *Die latitudinale oder Thermal-Circulation.*

Erklärlicher Weise geht diese Circulation manche Verbindung ein mit der anderen grossen Circulation, der longitudinalen; indessen gelingt es doch bei Anwendung des Systems die Hauptströme zu unterscheiden und zu bestimmen, wobei das System selbst eine Prüfung erfährt und als Ganzes sich bewährt, obgleich freilich stellenweise der Erklärung oder umgekehrt der empirischen Nachweisung noch manche Aufgaben übrig bleiben. Im Voraus ist aber wieder an den Unterschied zu erinnern, welchen die beiden Halbkugeln hierbei darbieten, indem die oceanischen Becken nach dem nördlichen Pole hin sich verengen mit convergirenden Küsten, dagegen nach dem südlichen Pole hin nicht nur die Küsten divergirend

auseinander gehen, sondern auch in ein weites unbeschränktes Meer übergehen.

1) *Im Atlantischen Becken.*

Auf der Nord-Hemisphäre. Hier erscheint als der primäre, oder zunächst aspirirte, zunächst der Gravitation folgende, Arm die polarische Strömung oder der s. g. „Arktische Strom", als der secundäre, compensirende Arm die antipolarische Strömung, und diese ist zugleich die nördliche Hälfte des „Golfstroms"; so ist unsere Vorstellung. Die allgemeine Richtung der Achsen dieser Circulation ist, wie gesagt, eine schräge, zwischen Nordost und Südwest; dies ist Folge vor Allem der Erdrotation, durchaus homolog wie bei der grossen atmosphärischen Circulation; aber hier kommt noch hinzu auch die Configuration der Küsten, indem der Einlass und Auslass des Circumpolar-Beckens eben im Nordosten des Atlantischen Meers sich befindet (wäre diese Oeffnung im Nordwesten, dann würde unzweifelhaft die allgemeine Richtung der Strömungs-Achsen dahin gezogen werden). Ausserdem aber greifen die Motive der Rotations-Strömung über in diese Thermal-Circulation und bewirken, zum Theil untermeerisch, Detractionen.

Es kommt hier nun vornehmlich an auf die Deutung der Meeresströme, da die unserige so wenig übereinstimmt mit der bisher geltenden ursächlichen Erklärung. Der primäre, d. i. der polarische kalte Strom, dessen Motivkraft ist die auf der heissen Zone von dem wärmeren und deshalb um ein Weniges leichteren Wasser ausgeübte Aspiration, kommt innerhalb des Polarbeckens, den Ausgang suchend, sowohl von Osten her die Nordküste Asiens entlang, wie von Westen her die Nordküste Amerikas entlang, geht, der Erdrotation zufolge nach seiner rechten Seite sich drängend, längs der Ostküste Grönlands hinunter, und zum anderen Theil in der Baffin's Bay längs der Ostküste Amerika's abwärts, bis beide Theile den ihren Weg kreuzenden, nach Nordost hin ziehenden, warmen Compensations-Arm, d. h. den Golfstrom, treffend, unter diesen treten und untermeerisch ihren Weg fortsetzen (dies ist für den aus der Baffin's Bay kommenden Polarstrom zuerst erwiesen von Redfield und nachher bestätigt

von der Coast Survey). Dann sind untermeerisch zwei Fortsetzungen zu erkennen, wie wenn eine Spaltung eintrete, die eine westwärts, die andere ostwärts gezogen. Die eine Fortsetzung der polarischen Strömung geht längs der Küste der Vereinten Staaten nach dem westindischen Meere hin, also regelrecht der Erdrotation folgend; es ist in der That anerkannt, dass dort die Temperatur des Meers in der Tiefe ungewöhnlich rasch abnimmt und dass die Ursache davon ist der submarin gewordene arktische Strom. Für die andere Fortsetzung muss man annehmen, dass der aus dem Meere nördlich von Spitzbergen und aus der Baffin's Bay kommende Strom submarin auch eine Richtung nach Südost hin annimmt und nahe der Nordwest-Küste von Afrika wieder auf der Oberfläche erscheint, wo er sich als ein sehr auffallend kühler nördlicher Strom bemerklich macht, wie analog an der Westküste Nord-Amerika's bei Californien bekannt ist. Anerkannt an der Westküste von Marocco, etwa auf 30° N bei Anadir, befindet sich eine endemische Nebelbildung in Folge einer kalten von Norden her kommenden Meeresströmung. Kaum kann ein Zweifel darüber bestehen, dass ein Theil des Polarstroms zur Compensation des Rotations-Stromes dorthin gezogen wird, so eine Detraction von der normalen Richtung erfährt. Aehnliche ganz analoge ablenkende Wirkung des Compensations-Bedarfs erweis't sich in noch weit stärkeren Beispielen auf der Süd-Hemisphäre; und wenn man die Mächtigkeit des der Schwungkraft folgenden äquatorialen Stroms erwägt, wird zugestanden werden, dass er seinen Compensations-Bedarf zwar weit mehr von dem viel weiteren Meere der Süd-Hemisphäre bezieht als von dem der Nord-Hemisphäre, aber auch dass er dazu auch auf dieser selbst aus den höheren Breiten her Gewässer heranzieht und verwendet, freilich nachher auch wieder abgiebt.

Der secundäre, d. i. der antipolarische, warme Arm dieser Thermal-Circulation, dessen Motivkraft ist der Compensations-Bedarf im Polar-Gebiete, hat seinen Ausgang auf dem südwestlichen Theile des Meerbeckens, ebenfalls als Wirkung der Erdrotation, denn unstreitig auf einer ruhigen Kugel würde die Richtung auch auf der Ostseite den nächsten Weg nordwärts ziehen. Sehr bekannt ist dieser Arm unter dem

Namen des Golfstroms, genauer bildet er nur dessen nördliche Hälfte, denn die südliche Hälfte bildet, wie wir gesehen haben, der compensirende Arm des Rotationsstromes, der Anti-Rotationsstrom, und es ist auch daran zu erinnern, dass nicht etwa der ganze Golfstrom zusammengefasst ist in dem „Ausfall“ aus dem mexikanischen Golf. Dieser warme thermale Compensations-Strom zieht, nachdem er eine ungewöhnliche Verengung erfahren hat zwischen Florida und den Bahama-Inseln, breiter und langsamer werdend, nach Nordosten hin, in bekannter Gestalt, in das Polarbecken hinein, in der That den Eingang in dasselbe fast vollständig einnehmend zwischen Island und Norwegen und Novaja Semlja, aber auch, weil er nach seiner rechten Seite hin drängen muss, Zweige schickend längs der Westküste von Spitzbergen, Island und Grönland hinauf. Später werden alle diese Zweige submarin, nachdem sie relativ schwerer geworden sind als die entgegenkommenden noch kälteren Gewässer, nämlich unter 4° C (welcher Temperatur-Grad eben hier und auf solche Weise wiederholt als das Dichte-Maximum auch des Meerwassers sich erweis't). Ueber das Verhalten der Strömungen im Innern des Circumpolar-Beckens haben wir keine Erfahrungen, aber die Mächtigkeit des Austausches der hier ausfliessenden und wieder einfliessenden Wassermassen spricht schon allein hinreichend für ein weites, nicht durch grossen Continent-Gehalt eingeschränktes, Meer (Näheres findet sich in dem späteren Aufsatze: II, Ueber das System der Meeresströmungen im Circumpolar-Becken der Nord-Hemisphäre).

Es ist wichtig genug hervorzuheben, dass demnach unsere Deutung des vielgenannten und auch im praktischen Leben für Europa und Amerika so wichtigen Golfstroms verschieden ist von der üblichen *). Unsere Uebersicht hat uns

*) Ueber die hydrodynamische Ursache des Golfstroms besteht noch keine Uebereinstimmung. Am gangbarsten sind zur Zeit zwei schon besprochene Erklärungen; die ältere, von Benj. Franklin, meint, dass der Passatwind die Wassermassen in das caraibische Meer treibe und dass deren Ausfluss den Golfstrom darstelle; die neuere von M. Maury hat die Vorstellung, dass im Passat-Gebiet ein stärkerer Salzgehalt des Meers entstehe in Folge der stärkeren Verdunstung, wodurch das Meerwasser dort schwerer werde als in dem Polargebiete, obgleich

gelehrt, dass der Golfstrom ist durchaus eine Compensations-Strömung und zwar zweifache Tendenz vereinigend, d. h. beiden fundamentalen Circulationen angehörend, sowohl für die longitudinale oder Rotations- wie für die latitudinale oder Thermal-Circulation, und darum zertheilt er sich in zwei Hälften und ist gerichtet sowohl nach Südost wie auch nach Nordost hin. Dies ist für uns die allein richtige Deutung der Causation oder des Motivs, und es ist wohl unverkennbar, dass damit auch verbunden ist die Erklärung der Gestalt, der Richtung und der Constanz, auch der Gewalt, mit welcher er bei seinem Ursprunge, eingezwängt in der nur etwa 24 g. Meilen breiten und nur 1800 Fuss tiefen Florida- oder Bemini-Strasse, strömt. Offenbar besteht hier nicht eine vis a tergo, sondern, wie bei allen Flüssen, ein vor der Strömung liegendes aspirirendes Motiv, und als solches hat das Compensations-Bedürfniss das Charakteristische, dass es rasch dringender und stärker wird wie die Befriedigung sich verzögert (da bei der Bahama-Bank, in der engen und untiefen Bimini-Strasse gleichsam ein Queerriegel bestehen soll, ist dort vielleicht auch ein submariner Wasserfall zu denken, welcher freilich sonst keine grosse Bedeutung haben würde).

Auf der Süd-Hemisphäre. Hier erkennen wir den primären oder polarischen Arm der thermischen Circulation in dem antarktischen Strome längs der Westküste Süd-Afrikas, welcher von Südwesten hergezogen offen auf der Oberfläche erscheint, und dessen niedrige Temperatur, Gestalt und nördliche Grenze im Golf von Guinea und dessen Uebergang in den Aequator-Strom bekannt sind (nach Sabine, Ir-

---

es dort wärmer ist. Wichtig ist der Golfstrom nicht nur in hydrographischer, sondern auch in meteorologischer Hinsicht. Er bringt milderes Winter-Klima den Inseln und Küsten, und hält zumal das Eis und den Eisstrom fern von Europa; für das Innere des Continents ist freilich ein mächtiger Faktor der milden Winter die südwestliche Luftströmurg, welche vorherrscht in Europa und homolog an der Westseite Nord-Amerikas. Aber leider auch als Veranlassung zu häufigen Stürmen ist der Golfstrom zu bezeichnen, was überhaupt sich nahe gelegene contrastirend temperirte Meeresströme öfters doch nicht überall als ihre Wirkung kund geben, zumal im Winter.

minger u. A.); auch weiter westlich geht ein Zweig ab zum Aequatorstrome, er bringt der Insel S. Helena ein kühleres Klima. Auffallen muss die erste Richtung des hiesigen polarischen Arms, jenes antarktischen Stroms, wie schon gesagt; die normale Richtung müsste gehen nicht nach Nordost, sondern nach Nordwest (wie die Luftströmung, der SO Passat), wenn er nur dem Motive der thermischen Aspiration folgte unter Mitwirkung der zunehmenden Erdrotation; aber es ist die Gewalt des Bedürfnisses nach Ersatz am Anfange des Centrifugal-Stroms, welche die auf den höheren Breiten nur geringe Wirkung der Erdrotation überbietet und ihn nach Nordost hin zieht. Jedoch ist kaum zweifelhaft, dass auch ein untermeerischer nach Nordwest hin fliessender Theil besteht. — Der secundäre, compensirende warme antipolarische Arm ist weniger deutlich zu verfolgen und muss doch gleich mächtig sein. Er muss enthalten sein in der brasilischen Strömung, welche, analog wie auf der Nordhemisphäre, einen zweifachen Compensations-Strom darstellt, und dies sicherlich auch eben so deutlich erkennen lassen würde, wenn die Configuration der Küsten von gleicher Gestalt wäre, zumal nicht nach dem Pole hin divergirend wäre; nun aber trifft die brasilische Strömung bei der Spitze Süd-Amerikas auf einen um das Cap Horn herum kommenden Theil des polarischen Arms, welcher so manche Eisberge bis 40° S nach Nordost hin mit sich führt. Zwar bei genauerer Betrachtung findet man, dass der Raum zwischen den Falkland-Inseln und der patagonischen Küste, bis zum Cap Horn, 55° S, davon frei bleibt, ohne Zweifel weil er eingenommen wird von der wärmeren brasilischen Strömung, aber man sieht nicht wohl ein, wie bei solchem Verhalten überhaupt hier eine warme Strömung nach dem Süd-Polarmeere zum erforderlichen Ersatze für den polarischen Abfluss gelangen kann, was doch bei dem analogen Golfstrom so wohl gelingt, wenn sie nicht submarin wird. Dies ist auch wahrscheinlich, obgleich die Polhöhe noch so gering ist, weil hier die Temperatur des Meeres auf der Oberfläche selbst bei 58° S schon 4° C erreicht haben kann (sie ist gefunden bei den Falkland-Inseln, 52° S, im Winter zu 3°.5 C). Indessen ist auch möglich, dass die tiefgehenden colossalen Eisberge die nicht sehr mächtige, wärmere, oberflächlich polwärts (nor-

mal müsste es nach SO hin sein) fliessende Strömung queer durchschneiden, selber geführt von einem submarinen kalten Strome nach Nordost hin, analog wie die aus der Baffin's Bay kommenden bei Neufundland in den Golfstrom eindringen. Das wirkliche Verhalten wird hoffentlich dereinst klarer werden.

2) *Im Pacifischen Becken.*

Auf der Nord-Hemisphäre. Da die Berings-Strasse nur eine so schmale und wenig tiefe (kaum 300 Fuss) Oeffnung des Polarbeckens darstellt, so besteht zwischen diesem und dem Pacifischen Ocean nur ein sehr geringer Austausch. Im nördlichen Theile des pacifischen Meeres erfolgt deshalb der thermale Austausch der Gewässer fast allein unterhalb des 67sten Breitegrades. Dennoch lässt sich die latitudinale Circulation mit ihren beiden Armen, dem kalten polarischen und dem wärmeren antipolarischen compensirenden, sehr wohl erkennen, wobei die Gestalt des grossen Raums, dessen Seiten nach Süden hin weit auseinander weichen, zu berücksichtigen ist. Uebrigens ist die Homologie des Systems der Strömungen in diesem Becken mit dem im Atlantischen so vollständig, dass beide gegenseitig sich bestätigen. — Längs der Ostküste Asiens fliesst ein kalter polarischer Meeresstrom abwärts nach Südwest hin (wie im Atlantischen Meere, aber ohne Eisberge), er berührt und kühlt auch die westliche Küste von Japan. Ausser dieser in normaler Weise nach Südwest hin gerichteten polarischen Strömung findet sich auch hier, und ein grosser Theil mag untermeerisch sein, eine nach Südost gerichtete kalte Strömung, ebenfalls wie im Atlantischen Meere, und am erklärlichsten wird sie wenn man sie wieder deutet als hingezogen zum Ersatz des durch den Aequatorstrom gerade nach Westen hin erfolgenden mächtigen Abflusses. Sehr auffallend tritt diese Erscheinung hervor an der Küste von Californien, etwa von 45° bis 35° N, und zwar nur im Sommer (nach Wilkes und Blodget), mit der besonderen klimatologischen Bedeutung, dass sie die Temperatur des Sommers wenigstens nahe an der Küste anomal zu niedrig erhält, um etwa 7° C. Dass die Meeresströme in den extremen Jahreszeiten einigermassen schwanken, ist schon bei mehren an-

erkannt, namentlich beim Golfstrom und an der Guinea-Küste.

Der andere Arm der thermischen Circulation, der secundäre, compensirende, antipolarische, tritt auf als ein Theil des pacifischen Golfstroms, d. i. der s. g. japanische oder chinesische Strom, oder der Kuro Siwo. Dieser ist freilich nicht so scharf begrenzt wie der atlantische, weil ihm der gedrängte Ausfall aus dem Golf fehlt, auch nicht so lang, weil ihm das Polarbecken fast nicht geöffnet ist; aber er ist breiter und eine ganz homologe Erscheinung, ebenfalls enthaltend die Compensation doppelter Tendenz, theils für die latitudinale, theils für die longitudinale Circulation der Meeresströmungen. Ein schwacher Austausch findet auch Statt die Berings-Strasse hindurch, mit dem Polarbecken, und zwar wieder in systematischer Ordnung, insofern es scheint, dass in Folge der Erdrotation der einfliessende wärmere seine Lage an der amerikanischen Seite hat, der ausfliessende kältere aber an der asiatischen, womit übereinstimmt der bekannte klimatische Contrast beider Küsten, obgleich dieser weit mehr den Luftströmen zuzuschreiben ist. Im Allgemeinen findet sich im nördlichen pacifischen Meeresbecken, in Folge der eben besprochenen Vertheilung der Ströme, eine Umkreisung in der Art, dass sie an der asiatischen Seite aufsteigt nach Nordost hin, und an der amerikanischen Seite hinuntergeht nach Südost hin, also einen Halbkreis beschreibt.

Auf der Süd-Hemisphäre. In diesem weiten Gebiete fehlen noch die Thatsachen, denn wenige Schiffe fahren in dem Raume zwischen Neu-Seeland und Cap Horn südlicher als 45° S, und doch bedarf es bekanntlich wiederholter Erfahrungen, um über die Constanz einer Meeresströmung sicher zu werden. Die trefflichsten Beobachtungen auf einzelnen Entdeckungs-Fahrten reichen nicht aus. Es wäre daher ungerechtfertigt, hier mehr als Andeutungen des von uns aufgesuchten Grundwerks der Meeresströmungen geben zu wollen. Dazu kommt, dass hier keine Landbildung den Strömungen Ufer anweis't und so zu bestimmter Gestalt abgrenzt. Der polarische Arm ist zugleich enthalten in dem bekannten mächtigen kalten antarktischen Strome, längs der Westseite Süd-Amerikas hinunter fliessend, als dessen Motiv wir aber

zugleich das Compensations-Bedürfniss des hier sehr langen Aequatorstroms erkennen, und dessen grosse Mächtigkeit und Richtung nach Nordost hin gehend und durch die Centrifugalkraft allein erklärlich wird. Daher tritt er hier unbedeckt von einer wärmeren Schicht offen an die Oberfläche, obgleich er so kalt ist, dass er das Klima der Küste im Mittel um etwa 7° C ermässigt und seine Temperatur in gewissen Jahrszeiten nur 16° C beträgt, während die westlich zur Seite liegenden Wässer 27° bis 28° C zeigen. Der Analogie nach müssen wir auch hier, wie auf der Nord-Hemisphäre, im Atlantischen und im Pacifischen Meere, submarin einen Theil des polarischen Arms dieser Circulation nach Nordwest hin fliessend annehmen, gemäss der Wirkung der Erdrotation; aber davon wissen wir nichts aus Erfahrung. — Der antipolarische Arm wird von der Theorie gefordert, und wirklich sind auch Andeutungen davon gefunden. Oestlich von Neu-Seeland ist auf mehren Seefahrten ein breiter nach Süden hin ziehender Meeresstrom beobachtet, namentlich wurde auf diesen Meridianen, 170° O bis 162° W, James Ross bei seinem hohen Vordringen bis 78° S von einer Strömung begünstigt, vielleicht wird man diese dereinst die „Ross-Strömung" nennen (sie ist auch angegeben in M. Somerville's Physic. geography 1858, und in M. Maury's Phys. geogr. of the Sea sogar auf der Karte angegeben, desgleichen auf der neusten hydrographischen Karte von H. Berghaus und A. Petermann 1867, bei 180° der Länge). Dass auch die Ostküste Australiens eine Strömung hinauf fliesst, ist schon früher angegeben.

3) *Im Indischen Becken.*

Hier kann von einer nordhemisphärischen Thermal-Circulation nicht die Rede sein, oder vielmehr diese fällt zusammen mit der südhemisphärischen.

Auf der Süd-Hemisphäre. Der polarische kältere Arm wird auch hier vom Centrifugal-Strom herangezogen, geht daher die Westseite Australiens hinunter und dann über in den Aequator-Strom. Als der antipolarische, compensirende, bedeutend wärmere Arm ist der Mozambique-Strom anzusehen und auch ein an der östlichen Küste von Madagascar

nach Südwest hin fliessender Strom; beide dienen wieder einer doppelten Compensation, und müssen der Theorie gemäss später sich trennen, der eine polwärts, der andere ostwärts zurückgefordert. Dass die Mozambique-Strömung nicht nur umbiegt nach Osten hin, sondern auch weiter fliesst nach Südwest, Süd und Südost, geht hervor aus den Angaben beobachtender Seefahrer. Dabei könnte eine Durchkreuzung Statt haben, indem der kältere polarische Strom als Unterstrom nach Nordost hin ginge. Die Richtung des nach Süden hin fliessenden antipolarischen Arms könnte nicht unwahrscheinlich auf den höheren Breiten eine mehr normale, d. i. nach Südost hin gehende werden; wirklich wird bei der Kerguelen-Insel (48° S, 69° O) ein beträchtlicher, auch wärmerer, nach Süd hin fliessender Strom angegeben (z. B. von Ross) und auch auf den Karten angedeutet. Gerade beim Cap der guten Hoffnung befindet sich eine besondere Verwicklung der Meeresströme, kalter und warmer, bei der bekannten Agulha-Bank, welche aber eben durch Anwendung der richtigen theoretischen Principien und des allgemeinen geographischen Systems bei neueren sorgfältigen Untersuchungen verständlich geworden ist, und zwar indem dabei das System sich bewährt hat. Die frühere Meinung war nämlich, dass der Mozambique-Strom (vom Winde getrieben, oder ohne dass ein Motiv berücksichtigt wurde), heraufkommend an der Ostseite, um das Cap herumfliesse, als der s. g. Agulha-Strom, und dass er an der Westseite sich fortsetzend diese wieder hinunter fliesse. Hier war ein Beispiel, wie ehemals nach den Motiven der Meeresströme kaum gefragt wurde; erwiesen ist nun, dass alle Erscheinungen sich erklären wenn man annimmt, der weit wärmere Mozambique-Strom bleibt auf der Ostseite, weil er nach Ost und Süd hin gezogen wird, und der an der Südspitze von Afrika ihn berührende, weit kältere polarische Strom ist es, welcher die Westseite Süd-Afrikas hinunter fliesst, und zwar weil er von der Centrifugalkraft des Aequator- oder Rotations-Stromes dorthin gezogen wird (s. die Note).

§ 5.

Werfen wir nun zum Schluss einen Rückblick auf unseren Gegenstand, so scheint es erlaubt auszusprechen, dass die vorgetragene Theorie und die empirischen Thatsachen im Ganzen gut zusammenstimmen, so dass das System der inneren Consequenz nicht entbehrt *). Um es kurz zu wiederholen, es haben folgende Sätze sich ergeben:

1) Das tellurische System der grossen fundamentalen oceanischen Strömungen (abgesehen von den mannichfachen kleinen, localen und momentanen, durch Winde, Gezeiten, Einflüsse von süssem Wasser u. a. bewirkten Strömen) wird gebildet aus zwei constanten sich einander durchkreuzenden Circulationen, die eine erfolgt in longitudinaler, die andere in latitudinaler Richtung.
2) Das Motiv für beide ist kein propulsives, nicht eine vis a tergo, wie bei den von Winden getriebenen Meeresbewegungen, sondern es ist ein vorn befindliches, aspiratives. Die hydrodynamische Ursache der longitudinalen Circulation ist primär die mit der Erdrotation verbundene Centrifugalkraft (die Mitwirkung des Passats ist dabei nicht ausgeschlossen); die hydrodynamische Ursache der latitudinalen Circulation ist primär die constant auf den beiden extremen Räumen, d. i. auf dem Aequator und auf den beiden Polar-Gebieten sich erneuernde und erhaltende Temperatur-Differenz des Meerwassers in den oberen Schichten des Oceans.
3) Beiden ist angehörend ein rückfliessender Arm, dessen Motiv ist die Compensation für den primär abfliessenden, und sich also ebenfalls vorn befindet; so bestehen zwei

---

*) Es soll nicht verhehlt werden, dass bei der Vorstellung, von der Gestalt der homothermischen Grundschicht, mit etwa 4° C, welche das Polargebiet gleichsam wie ein Wall umgiebt, es schwierig ist, zu erklären zweierlei, erstlich, wie dieser Wall schwersten Wassers nicht die Circulation zwischen Aequator und Pol hemmt; indess das Compensations-Bedürfniss der Centrifugal-Strömung kann ihn überwinden; zweitens, wie so sich erhält das statische Gleichgewicht; indess die Thatsache ist anzuerkennen und die Theorie wird sich damit zu vereinigen haben.

Circulationen, von denen die longitudinale in horizontaler Gestalt auf der Oberfläche kreis't, während die latitudinale oder thermale Circulation zum grössten Theile erfolgt mit vertikaler Anordnung der beiden Arme; entsprechend dem Unterschiede der Schwere ist der polarische der untermeerische, bis im Polargebiete er umgekehrt der obere wird *).

4) Die eben angegebenen einfachen Verhältnisse würden auch einfach und symmetrisch sich darstellen, wenn nicht die Zwischenlage der unsymmetrischen Landmassen ungleichmässige Störungen, Repulsionen und Deflectionen, bewirkten, und wenn nicht auch die Motive zum Theil in einander griffen und Detractionen veranlassten (abgesehen, wie schon gesagt, von den vielfachen inconstanten kleinen Meeresströmen, unter denen, als „Triften", diejenigen zu unterscheiden rathsam ist, welche ihre Motivkraft im Rücken haben, wie vor Allen die von Winden verursachten).

---

*) Vergleicht man das System der Meeresströmungen mit dem der Luftströme, so tritt im Allgemeinen Analogie hervor, aber auch als der wichtigste Unterschied, dass das tellurische System der Luftströme zu vergleichen ist nur mit der latitudinalen oder Thermal-Circulation der Meeresströme; es fehlt ihm die longitudinale oder Rotations-Circulation, des Oceans, obgleich in grosser Höhe der Atmosphäre längs dem Aequator die Ascensions-Strömung sehr wahrscheinlich ein schwaches Analogon bildet (s. A. Mühry, Ueber die Theorie und das allgem. geogr. System der Winde, 1869, Cap. I).

Note.

Zur Deutung der Meeresströmungen an der Südspitze Süd-Afrika's.

Die so sehr verwickelt erscheinenden Verhältnisse der Meeresströmungen an der Südküste Afrika's erhalten ein klareres Verständniss, wenn man die Theorie und das allgemeine geographische System der Meeresströme darauf anwendet. Dann ergiebt sich folgende Vorstellung (da die Thatsachen bekannt sind, bedarf es nur einer kurzen Angabe). An der östlichen Seite Süd-Afrika's fliesst der s. g. Mozambique-Strom hinauf, dies ist der abgelenkte Rotations- oder Aequatorial-Strom, daher warm, etwa 18° R, im Februar 20°, im August 16° R (nach den holländischen Untersuchungen, s. Onderzoekingen met den Zeethermometer, uitgegeven door het kon. nederlandsch meteorol. Institut te Utrecht 1861). Die gewöhnliche irrthümliche Ansicht ist, oder war, der warme Rotations-Strom vom Passat getrieben, gehe auch um das Cap herum und an der westlichen Seite wieder hinunter (auf den Karten konnte man bisher eine solche Zeichnung finden, wie sie ursprünglich, indessen kann man hinzufügen nur vorläufig, von Humboldt und dann von Rennell angegeben war). Hierfür aber ist das Motiv gar nicht zu ersehen; vielmehr muss die Theorie annehmen, dass der Mozambique-Strom zum Motiv die Compensation hat, deren Zuge er folgt theils nach der Südpolar-Gegend, als Anti-Polarstrom, theils nach Osten zurück, als Anti-Rotationsstrom. — Dagegen muss der an der Westseite hinunter fliessende Strom gehalten werden für einen Polarstrom, welcher, zur Compensation der Rotations-Strömung im Atlantischen Ocean, hierher gezogen wird, wie auch homolog, aber in noch grösserem Umfange, an der westlichen Küste Süd-Amerika's der „antarktische oder Humboldt-Strom", und auch ein kleinerer Polarstrom an der westlichen Küste Australiens bestehen. Der grosse Contrast der Temperatur des Meers an der Westseite des Caplandes mit derjenigen an der Ostseite spricht zunächst für solche Ansicht; die grössere Kälte des westlichen Stroms ist sonst gar nicht zu erklären,

sie ist gefunden etwa nur zu 14° R, im Februar 16°, im August 12° R (ebenfalls nach holländischen „Untersuchungen", mitgetheilt von Andrau); ja James Ross fand hier (bei 32° 21′ S, 17° 6′ O) im Februar, eine Abnahme der Temperatur des Meers nach der Küste hin bis 16°.8 und bis 10°.9 (die Luft blieb auf 14°.6, Nebel stellten sich ein), und in der Tiefe von 1200 Fuss fanden sich sogar nur 5°, während die Oberfläche 13° zeigte, als man dann aber weiter fuhr, in der Richtung nach Südost hin, wurde die Temperatur des Wassers rasch zunehmend, von 11°.5 bis wenige Meilen südlicher 14°.2 und 15°.6 R.

Mit unserer Annahme erklären sich ziemlich befriedigend die bei der Agulhas-Bank vorkommenden bekannten Phänomene, namentlich an der Westseite des Caps die kalte von Süden her kommende Strömung, zwischen beiden die Ruhe des Meers mit einigen Wirbelungen, ferner unter den meteorologischen Erscheinungen die Nebel und die stürmischen Winde*).

In neuester Zeit sind der obigen nicht unwichtigen hydrographischen Frage noch besondere Untersuchungen gewidmet, welche von H. Toynbee über die Temperatur des Meers in jenen Gegenden ausgeführt sind, und zwar auf fünf Fahrten zwischen England und Ostindien, in gleicher Jahrszeit und an gleichen Stellen wiederholt; darin ist die Bestätigung des oben Vorgetragenen zu ersehen (s. J. of the r. geograph. Soc. 1865). Er fand, wie auf einer Karte anschaulich gemacht ist, im Februar, von Osten nach Westen gedacht, an der östlichen Seite der Südspitze Afrika's, etwa bis zur Agulhas-Bucht (34° S, 25° O), die Temperatur der vorherrschend nach Südwest hin gerichteten Meeresströmung, also in dem Mozambique-Strome, ungefähr zu 19°.5 R, aber weiter westlich, beim Cap Agulhas (20° O), wo das Meerwasser aus

*) Dereinst wurde J. Davy von der richtigen Deutung der auffallenden Kälte des Meerwassers an der Westseite der Südspitze Afrika's abgelenkt dadurch, dass er ein ihm damals besonders beschäftigendes Phänomen zu einseitig verfolgte, nämlich die Thatsache, dass oft über Meeres-Untiefen die Temperatur des Meeres local niedriger sich zeigt als im weiten tieferen Meere selbst, was indess sehr wahrscheinlich nur innerhalb von Strömungen vorkommt, wenn deren untere und kältere Schichten aufwärts gezogen werden (also nicht wohl bei Windtriften).

mehren Richtungen strömte, fand er die Temperatur des Meers nur ungefähr 15°, und endlich bei der Capstadt (34° S, 18° O), wo die Meeresströmung entschieden nach Nord und Nordwest hin zog, ebenfalls 15°, aber stellenweise sogar nur 13° R.

Bei Gelegenheit ist erwähnenswerth, dass Toynbee auch das specifische Gewicht des Meerwassers besonders beachtet und häufig untersucht hat; im Allgemeinen hat sich ergeben vom Aequator nach den höheren Breiten hin eine Zunahme des specifischen Gewichts des Meer's, was der Abnahme der Regenmenge dahin zugeschrieben wird; dieser Befund bildet demnach einen Widerspruch mit einer anderen Annahme, welche eben auf der heissen Zone in Folge der Verdunstung vermehrten Salzgehalt und damit auch grösseres specifisches Gewicht sich denkt, darin auch sogar das Motiv der Meeresströmungen nach den Polen hin erkennen will. Im Atlantischen Ocean der Nord-Hemisphäre fand Toynbee das specifische Gewicht des Meerwassers gegen Ende des Juli in folgender Weise abnehmend nach dem Aequator hin, auf

17° N 1.026
15° - 1.025
8° - 1.024.

Mit jenen thermischen Befunden an der Südspitze Süd-Afrika's stimmen überein die im niederländischen nautischen Institute, nach mehr als 28000 Thermometer-Aufnahmen gewonnenen Ergebnisse, veröffentlicht vom Direktor Cornelissen, mit anschaulicher kartographischer Darlegung der Zahlen für jede der vier Jahrszeiten. Und dabei ist das Wichtigste, dass auch die Erklärung aus den beiden Meeresströmungen, dem Rotations- an der Ostseite, und dem polarischen an der Westseite angenommen sich findet (s. Revue maritime et coloniale 1868, Juni).

Zusatz. Es liegt nahe, auch an der Südspitze Amerika's, wo ja ähnliche meteorologische Erscheinungen vorkommen, Nebel, stürmische Winde u. a., homologe hydrographische Verhältnisse zu erwarten. Die nähere Betrachtung verfehlt nicht, hierfür Bestätigung zu bringen. Dass an der Ostseite zwischen der Küste von Patagonien und den Falklands-Inseln, der brasilische Strom, d. i. der polwärts

ziehende antipolarische Arm der latitudinalen oder thermalen Circulation im oceanischen System der Meeresströmungen, noch sich bemerkbar macht, ist bekannt. Aber deutlich ersieht sich, dass er noch weiterhin nach Süden sich fortsetzt, bis 58° oder 60° S, wo er sehr wahrscheinlich bei der Meeres-Temperatur von etwa 3°.3 R untertaucht und submarin sich fortsetzt, wie die hydrothermische Theorie es verlangt bei jener Temperatur, welche dem Dichtigkeits-Maximum des Meerwassers angehört (und wie es im nördlichen Circumpolar-Becken an mehren bestimmten Stellen bei den verschiedenen Zweigen des Golfstromes deutlicher nachweisbar ist). Dies zeigen die Karten, welche das Treibeis sorgfältig mit angegeben haben, namentlich die Süd-Polar-Karte von A. Petermann 1867, wo man das Treibeis in solcher Richtung des Meeresstroms fehlend bemerkt. Dass dagegen längs der westlichen Seite eine polarische kalte Strömung, der berühmte vorzugsweise so genannte antarktische Strom sich geltend macht, bedarf nicht der Erwähnung; jedoch dessen Herkunft aus dem antarktischen Gebiete ist noch nicht genau verfolgt; angenommen wird, dass er die Küste erst berührt bei 44° S, aber das Klima der Westküste ist kühler als das der Ostküste auch an der Südspitze (nach Ch. Darwin).

Capitel II.

Ueber das System der Meeresströmungen im Circumpolar-Becken der Nord-Hemisphäre.

(Mit einer Kartenskizze.)

Inhalt. Hydrothermische und hydrodynamische Vorbegriffe — Die Circulation der Meeresströme im Circumpolar-Becken im Zusammenhang mit dem allgemeinen tellurischen System der Meeresströmungen und mit dem System der Temperatur-Vertheilung im Ocean — Das Motiv ist die Temperatur-Differenz des Wassers zwischen Pol und Aequator — Durch die mit der Temperatur sich ändernde Schwere erfolgt auch eine vertikale Anordnung der Ströme und Rückströme in der Apertur des Beckens, während auf die horizontale einwirkt die Erdrotation. — Das egressive Moment oder die polarische Strömung — der östliche polarische oder arktische Strom — der westliche polarische oder arktische Strom. — Das ingressive Moment oder die antipolarische Strömung (der Golfstrom) — der östliche antipolarische Strom — der westliche antipolarische Strom. — Die problematische Strömung längs der Mittellinie des Beckens. — Das Ganze enthält neue hydrographische Zeugnisse für die Oceanität oder eine gewisse Landlosigkeit im Innern des Beckens. — Ergebnisse.

Wenn wir, in Anschluss an das vorhergehende Capitel, die vorhandenen Erfahrungen über die Meeresströmungen im Circumpolar-Becken der nördlichen Halbkugel zusammenstellen unter Anwendung einer richtigen Theorie (wenn wir also nach unserer Methode eine rationelle Composition der hydrographischen Thatsachen unternehmen, im Dienste der Geo-Physik), so ergiebt sich als möglich, wenigstens in den Grundzügen eine verständliche allgemeine übersichtliche Vorstellung von der Anordnung oder dem Systeme jener Strömungen zu gewinnen, obgleich die Kenntnisse unvollständig sind und die so beweglichen Erscheinungen an sich einen ziemlich ver-

wickelten und schwierig zu deutenden Theil des ganzen tellurischen Systems darstellen.

§ 1.

Wir finden in jenem höchsten und kältesten oceanischen Centralraume unserer Halbkugel einen Austausch von austretenden kälteren und von in proportionaler, völlig gleicher Menge eintretenden compensirenden wärmeren Wässern, als dessen Haupt-Motiv uns die Temperatur-Differenz zwischen den äquatorialen und den polarischen Wässern gilt. Die so entstehenden Ströme und Rückströme müssen gegenseitig unter einander sich ordnen, und zwar nicht nur in horizontaler, sondern auch in vertikaler Vertheilung. Was die horizontale Vertheilung und auch die allgemeine Richtung betrifft, so werden diese bestimmt durch die Configuration des Beckens, welches eine weite Apertur nur nach der Seite des Atlantischen Meeres hin besitzt, und ausserdem durch die Rotation der Erdkugel, in Folge deren jeder Strom im Allgemeinen nach seiner rechten Seite hin drängen muss. Was die vertikale Vertheilung betrifft, so wird diese bestimmt durch das hydrothermische Gesetz, wonach das Meerwasser (wie das süsse Wasser; freilich wird der nun folgende Ausspruch Widerspruch finden bei Physikern, welche an einigen widersprechenden Experimenten sich halten, indessen die Natur im grossen Ganzen liefert hier unstreitig die richtigeren und entscheidenden Erfahrungen, und diese werden eben durch unsere Untersuchungen über die vertikale Vertheilung der Meeresströme in unabweisbarer Weise weiter bestätigt) sein Maximum der Dichte und der Schwere erhält bei dem Temperatur-Grade von nahebei 3°.2 R*); in Folge davon muss beim Zusammentreffen von zwei Strömen bald der kältere, bald der wärmere Strom als der relativ leichtere sich äussern und bald jener, bald dieser als Oberstrom seinen Zug fortsetzen, oder aber untertauchen und submarin weiter fliessen, vorausgesetzt, dass sie nicht neben einander fliessen können. Man muss und kann annehmen, im Polarbecken findet sich am Grunde des Meeres jene

---

*) S. Note 1.

Temperatur von 3°.2, oder doch nahe dabei, und darüber zunehmend kälteres Wasser bis zur Oberfläche, wo als der äusserste Kältegrad des flüssigen Meerwassers, also nahe vor dem Erstarren und dicht unter den schwimmenden (auf ihrer Aussenseite am stärksten, vielleicht bis zu — 40° R erkaltenden) und vielleicht 8 Fuss dicken Eisfeldern, die Temperatur von — 1°.8 R sich findet*). Bei der Beurtheilung dieser Verhältnisse ist wohl zu berücksichtigen, dass im Sommer auf der Oberfläche eine Schicht salzlosen oder doch salzarmen Wassers sich bildet, das aus dem geschmolzenen Gletscher-, Meereise und Schnee herstammt und als leichter oben schwimmt nur in Folge seines Mangels an Salzgehalt, wodurch das specifische Gewicht verringert wird, z. B. sich erweist wie 1023

---

*) Man kann z. B. annehmen (während das Wasser am schwersten ist bei 3°.2 R), Wasser von 0° Temperatur ist etwa gleich schwer wie Wasser von 6°.5, Seewasser von — 1°.8 R (d. i. vor dem Frieren) ist etwa gleich schwer wie Seewasser bei 8° R, also Wasser von 0° und noch mehr von 1°, wie es im Sommer gewöhnlich auf der Oberfläche des Meeres, selbst zwischen Eisschollen, sich findet, ist schwerer als wärmeres Wasser von 7°, welches etwa jenem von Süden kommend entgegenfliesst; dann muss jenes nördlichere unter dieses wärmere treten und submarin weiter fliessen, während dieses selbstverständlich zur Seite biegt, aber auch das von jenem etwa getragene Treibeis und Treibholz aufnehmen und mit sich führen muss. Dagegen Wasser von 3° Temperatur, etwa von Süden heranziehend, ist schwerer als ein von Norden her entgegenkommendes oder -stehendes Wasser von 1° oder 0° oder — 1°.8 Temperatur und dann muss also dieses kältere das leichtere sein und über jenem wärmeren sich erhalten, aber das wärmere südliche untertauchen. So fordert es die Theorie und wir werden sehen, dass die Empirie damit nicht in Widerspruch steht. Das Meerwasser im Polarbecken bleibt flüssig bis — 1°.8 R und der einziehende Golfstrom hat eine Temperatur, welche wir bei Neu-Fundland (45° N) sicher nicht unter 10° R ansetzen können; also zwischen jenen zwei gleichsam extremen Temperatur-Graden bewegen sich hier, in der Apertur des Beckens, die Temperatur-Verhältnisse der sich mischenden Wässer; der eintretende Golfstrom wird schwerer, je näher er bis zu 3° sich abkühlt, und der austretende polarische Strom, je näher er bis dahin sich erwärmt. (Ueber die Temperatur-Vertheilung auf der Oberfläche des Atlantischen Meeres ist Belehrung zu finden in den Onderzoekingen met den Zeethermometer, herausgegeben vom K. Nederl. Meteorol. Institut in Utrecht, 1861, betreffend den Raum vom Aequator bis 55° N, 10° W.)

zu 1028, so dass wohl die vertikale Temperatur-Vertheilung des Meeres missverstanden werden kann, wenn gefunden wird, dass oben in der Sonnenstrahlung bis zu 3° erwärmtes Wasser sich hält, während in nicht unbeträchtlicher Tiefe es unter 0° sich erweist; diese scheinbare Umkehrung der Gesetzlichkeit wird niemals im Winter vorkommen. — Besondere Unterstützung beim Verständniss dieses Systems von Strömen gewähren das Treibeis und das Treibholz.

Die mit solcher Theorie aus den in Erfahrung gebrachten Thatsachen sich ergebende Vorstellung von den Strömen bezieht sich freilich, genau genommen, zunächst nur auf den Sommer (auch wird selbstverständlich abgesehen von den mannichfachen nur localen und momentanen, durch Winde hervorgerufenen Meerestriften und den Gegenströmen); indessen ist nicht wahrscheinlich, dass im Winter wesentliche Unterschiede in der Richtung und Lage der permanenten und fundamentalen Meeresströmungen eintreten, denn mit dem Motiv des Austausches muss auch die Bewegung fortdauern, wenn auch unter der Eisdecke, welche dann längs der Küsten fest liegt, und daher in wenig bemerklicher Weise; dass dann aber auch die Eisdecke selbst, wenigstens an ihrem äusseren Rande, sich fortbewegt, ist mehrmals klärlich erwiesen, namentlich in der Baffin's Bai durch im Eise fest eingeschlossene, südwärts mit der Strömung getriebene Schiffe.

Wir gehen nun über zur Darlegung unserer gewonnenen Vorstellung von den in Bewegung befindlichen Erscheinungen selbst, müssen diese jedoch nur als einen Theil des grossen Ganzen auffassen und daher auf dieses vorher hinweisen.

Im nördlichen Circumpolar-Becken, welches eine ziemlich regelmässige Kreisform darstellt, begrenzt von den Nordküsten der grossen Continente Asien, Europa und Amerika und etwa von dem Parallelkreise von 70° N, indem nur einzelne Stellen noch höher hinauf streichen bis 76° und 82° N, und welches nur an Einer Seite mittelst einer weiten Apertur, etwa ein Fünftel der Peripherie begreifend, d. i. im Nordosten des Atlantischen Meeres, in Verbindung steht mit der allgemeinen oceanischen Wassermasse der Erdkugel, — in diesem kältesten oceanischen Central-Gebiete auf der Höhe der Hemisphäre (dessen mittlerer Raum uns freilich noch nicht empirisch be-

kannt, aber als oceanisch zu vermuthen ist aus guten Gründen) besteht gleichsam die Springquelle oder der centrale Ursprungs- und Rückkehrs-Punkt der latitudinalen, d. i. derjenigen allgemeinen oceanischen Circulation, welche zwischen Pol und Aequator als den beiden extremen Enden, oder zwischen Centrum und Peripherie, einen auf der Temperatur-Differenz (daher auch Thermal-Circulation zu nennenden) oder, was in diesem Falle dasselbe ist, auf der Schwere-Differenz, als Motiv, beruhenden Austausch unterhält. Das entgegengesetzte extreme Gebiet des Austausches, also das wärmste des Oceans, befindet sich in der Nähe des Aequator-Gürtels, hat aber im Atlantischen Becken die Gestalt eines schräg liegenden, mit der Basis nach dem Karaibischen Meere hin gerichteten Dreiecks. Vergleichen wir die Temperatur-Verhältnisse beider extremen Räume, so kann man sich denken, auf dem Aequator-Gürtel ist die Temperatur des Meeres von oben nach unten hin abnehmend (bis zur Tiefe von etwa 7000 Fuss, die ganze Tiefe aber beträgt hier sicherlich über 10,000 bis 15,000 Fuss), von 22° bis 3°.2 R, dagegen im Polar-Becken umgekehrt von oben nach unten hin zunehmend, von —1°.8 bis etwa 2° R *), die ganze Tiefe ist hier gefunden zu 1200,

---

*) Diese umgekehrte vertikale Temperatur-Ordnung im Polarbecken, nämlich deren Zunahme nach unten hin, ist unzweifelhaft festgestellt von grossen Autoritäten, namentlich von John Ross, Scoresby, Beechey, Parry, Franklin. Da sie aber von einigen anderen namhaften Forschern dort im Gegentheil abnehmend nach unten hin gefunden ist, so ist eine kurze Verständigung am Orte. Die bathothermischen Untersuchungen im Polarmeer sind im Sommer leichter Täuschungen unterworfen als im Winter, weil dann auf der kalten Oberfläche des Meeres das Schmelzwasser der Gletscher, des Meereises und des Schnees schwimmt, etwa wie Oel, und dies leichter ist, obgleich vielleicht bis 3° R erwärmt, nur weil es salzlos oder salzarm ist; aber auf diese Art wird leicht der Schein bewirkt, als ob das Gesetzliche sich damit darstelle. Deshalb ist es rathsam, im Winter zu untersuchen und immer zugleich das specifische Gewicht zu berücksichtigen. Folgende neuere Befunde entsprechen diesen Anforderungen, geben aber auch genügende Belege für das Gesetzliche, von M'Clintock und Walker in der Baffin's Bai angestellt, im Winter und im Sommer; ein anderes Beispiel von winterlicher Untersuchung ist Verfasser nicht bekannt (s. Fitz Roy, Meteorol. pap., Nr. 4, 1860):

bis 76° N, und 13000 Fuss, bei 80° N (nach Otter). Also schliesslich besteht am Grunde des ganzen Oceans eine gleich temperirte ruhige Schicht von etwa 3°.2 Temperatur (vorbehalten Aenderungen durch den Druck), welche damit zugleich die schwerste Wasserschicht darstellt. Da nun ferner auf der Oberfläche des Oceans die Temperatur auch nach dem Pole hin abnimmt, so muss jene unterste Temperatur-Schicht vom Aequator dorthin zunehmend schon in geringerer Tiefe erreicht werden, d. h. sie muss schräg aufsteigend allmälig die Oberfläche erreichen bei der Isothermlinie von 3°, und dann muss sie von hier ab nach noch höheren Breiten hin wieder schräg ab in die Tiefe steigen, nun das noch kältere und daher auch leichtere Wasser über sich lassend. Dies normale Verhalten ist deutlicher und entscheidender zu erweisen gewesen in dem freieren Ocean der Süd-Hemisphäre, namentlich durch James Ross (Voyage of discovery and research in the southern and Antarctic regions, 1847), als in der engen Apertur des engen Polar-Beckens der Nord-Hemisphäre. Demnach müsste die homothermische Grundschicht oben bei der oceanischen Isothermlinie von 3° gleichsam eine ringförmige Umwallung des Polar-Beckens bilden, welche die Wässer der südlicheren und der nördlicheren Breiten von einander getrennt hielte, aber auch die Circulation zwischen beiden hinderte. Da aber diese Circulation dennoch besteht, so muss jener Temperatur-Wall durchbrochen werden durch ein anderes Motiv als dasjenige

---

Im März 1857 . . . . . . 69° N, 59° W

Tiefe	Temperatur	Specif. Gewicht
Oberfläche	—1°.3 R	1028
30′	—0°.9 -	1028
720′	+1°.1 -	1028

Im August 1857 . . . . . 75° N, 59° W

Tiefe	Temperatur	Specif. Gewicht
Oberfläche	2°.6 R	1023
150′	—0°.2 -	1024
300′	—0°.6 -	1025
684′	—0°.9 -	1028

Im Sommer fand auch Parry nördlich von Spitzbergen im Juli 1827 . . . . 82° N, 20° O

Tiefe	Temperatur	Spec. Gewicht
Oberfläche	0°.2 R	1000
2400′	—0°.4 -	1028

der Temperatur-Differenz allein, und dies ergiebt sich, wenn wir nun neben dem System der Temperatur-Vertheilung im Ocean auch das andere Motiv im tellurischen System der Meeresströmungen in Berücksichtigung ziehen. Kurz wiederholt besteht dies allgemeine System der Meeresströmungen aus zwei sich durchkreuzenden Tendenzen, aus einer latitudinalen und aus einer longitudinalen, deren jede eine Circulation mit ihren zwei Momenten darstellt, mit Strom und compensirendem Rückstrom. Die latitudinale Circulation geht hervor aus der Temperatur-Differenz (wie oben gesagt ist und wie schon Arago annahm (1836), nicht aber etwa aus Unterschied im Salzgehalt oder aus der verschiedenen Verdunstungs- und Regenmenge, wodurch keine Circulation und noch weniger eine permanente unterhalten werden kann). Die longitudinale Circulation aber besteht aus der breiten Rotations-Strömung, welche dem Aequator entlang nach Westen hin zieht, oder der „grossen West-Strömung" (eine Entdeckung des Columbus) mit einem an jeder Seite auf höheren Breiten zur nothwendigen Compensation wieder zurückfliessenden Anti-Rotations-Strome; sie hat zum Motiv, wenn auch unter Mitwirkung des Passats, die Rotation der Erdkugel, und zwar, wie die Erscheinungen unweisbar anzunehmen nöthigen, direkt oder indirekt, die Centrifugalkraft. Diese längs des Aequators nach Westen hin unablässig und auch im Calmengürtel, wo also der Passat als Motiv fehlt, hinfliessende (hier ist keine Impulsion) breite einige tausend Fuss mächtige Wassermasse bedarf einer starken Compensation an ihrem Ursprunge, zieht zu diesem Zweck auch einen Theil der in höheren Breiten befindlichen Wässer, auch aus dem Polar-Becken, herbei (dies ist besonders ersichtlich auf der Süd-Hemisphäre in den antarktischen Strömen, je einem längs der Westküste eines der drei grossen Continente), und dadurch muss jener dazwischen liegende, trennende Temperatur-Wall, der Kamm der homothermischen Grundschicht, eingerissen und damit zwischen den in Temperatur und in Schwere verschiedenen extremen Wässern die Circulation in Gang gebracht und unterhalten werden. (S. das frühere Capitel.)

§ 2.

Beschränken wir nun den Blick auf unseren engeren Raum, so finden wir, dass in der Apertur des Circumpolar-Beckens die beiden Momente, aus welchen die Circulation zusammengesetzt ist, ein egressives und ein ingressives, in einigermaassen zusammengedrängter Weise einander genähert, aber auch durch das dazwischen liegende Grönland getrennt gehalten werden. Die ganze Circulation ist zu unterscheiden in einen östlichen und in einen westlichen Theil, von denen jeder besteht aus einem ausfliessenden kälteren polarischen und aus einem entsprechend compensirenden einfliessenden wärmeren antipolarischen Strom. Was wir in der Apertur des Beckens davon erkennen — und genauer wäre diese ein Kanal zu nennen, sich erstreckend von der Südspitze Grönlands zu beiden Seiten von 60° bis 70° N und selbst 80° N —, sind indessen nur die Anfänge der ausfliessenden polarischen und die unvollständigen Endigungen der einfliessenden antipolarischen Ströme, denn beide, jene bald nach dem Austreten, diese bald nach dem Eintreten, entziehen sich der weiteren Wahrnehmung, indem sie von der Oberfläche verschwinden, untertauchen, submarin sich fortsetzen, wenn und wo sie in Folge ihres Temperatur-Verhältnisses schwerer werden als das vor ihnen befindliche zu durchziehende Gewässer.

Demnach sind zu unterscheiden:

I. Das ausfliessende Moment oder die polarische Strömung,
 1. der östliche Arm, 2. der westliche Arm.

II. Das einfliessende Moment oder die antipolarische Strömung (d. i. nördliche Hälfte des Golfstroms),
 1. der östliche Arm, 2. der westliche Arm.

III. Eine problematische Strömung längs der Mittellinie (beide Momente enthaltend).

§ 3.

I. *Das ausfliessende Moment oder die polarische Strömung.*

Wenn man, das Circumpolar-Becken von oben her, also in der Polar-Projection, betrachtend, die Angaben der Polar-

Fahrer über die Meeresströmungen zu einem zusammenhangenden Ganzen zu vereinigen sucht (wobei, wie schon gesagt, besondere Hülfe das Treibeis und das Treibholz gewähren), so erkennt man schliesslich, dass eine ausfliessende Bewegung in zwei Armen erfolgt. Es ist nicht nur ganz erklärlich, sondern auch aus den gefundenen Thatsachen zu ersehen, dass etwa von der Bering-Strasse an (welche selbst so wenig breit und so wenig tief ist, 6 geogr. Meilen breit, 300 Fuss tief, dass sie bei dem Austausch als Einlass und Auslass der Gewässer kaum in Betracht kommt, obwohl wenigstens im Sommer ein einfliessender Oberstrom und ein ausfliessender Unterstrom bemerkt werden) zu beiden Seiten des Beckens, den östlichen wie den westlichen Küstenrand entlang, je ein mehre Breitengrade einnehmender Strom hinzieht, welcher den Auslass in das Atlantische Meer sucht, wie dieser zwischen Amerika und Europa allein geboten ist, wo die vorhandene kanalförmige Apertur etwa den fünften Theil der Peripherie offen lässt.

1. *Der östliche polarische oder arktische Strom.*

Dieser wird, weil er lange allein bekannt war, vorzugsweise der „arktische“ Strom genannt. Es ist gar nicht zweifelhaft, dass längs der ganzen Nordküste Sibiriens, vom östlichsten Theile an, eine Strömung nach Westen hinzieht. So ist es erfahren und berichtet von der Mündung der Kolyma an bis zur Mündung der Lena. Namentlich ist F. von Wrangell der Zeuge dafür geworden (Reise längs der Nordküste Sibiriens, 1839), während seines berühmten dreijährigen Aufenthaltes in Nischne Kolymsk (70° N, 160° O), mit Reisen auf der Eisdecke des Meeres selbst; er fand, dass im Winter der ganzen Küste des grossen Continentes entlang ein fest liegender Eissaum, etwa 25 geogr. Meilen breit, sich bildet und dass dieser in der wärmeren Jahreszeit vom Lande sich ablöst und in Felder und Schollen zerbrochen nach Westen hin geflösst wird, gemischt mit dem aus den Flüssen hinzukommenden Eis und Treibholz. Erwähnenswerth ist, dass die Insel Neu-Sibirien zwar an der Südküste fast ganz aus Treibholz mit Eis gemischt besteht, aber an der Nordseite ein weites eisfreies Meer gezeigt hat (s. Hedenström, in Erman's Archiv

für die wissenschaftl. Kunde Russlands, 1865). Noch neuerlich ist ein mündliches Zeugniss des Admirals Anjou bekannt geworden, er habe dort die Eisschollen entschieden nach Westen hin ziehen sehen; dies ist mitgetheilt vom russischen See-Officier Baron Schilling (P. Geogr. Mitth. 1865). Im Winter soll die Strömung hier im äussersten Osten umgekehrt nach Osten hin fliessen, wie Wrangell selber angiebt; möglich ist, dass dann die andere Hälfte der polarischen Ausströmung, welche wir vom Atlantischen Meer aus betrachtet die westliche Hälfte nennen müssen, ihre Richtung schon etwas westlicher von der Bering-Strasse beginnt, aus irgend einem nicht ersichtlichen Grunde, indessen darf man es noch bezweifeln, da es schwierig ist, im Winter unter der fest liegenden Eisdecke der Küste die Richtung einer Strömung zu erkennen. Im Sommer aber kann darüber um so weniger ein Irrthum eintreten, da hier die Gezeiten fehlen und also nur etwa Winde täuschen können. — Wenn wir den Strom auf seinem Wege nach Westen hin weiter verfolgen, so finden wir ihn zunächst wieder an der Ostseite von Nowaja Semlja (über das Verhalten an der Ostküste der Halbinsel Taimyr sind wir nicht näher unterrichtet, aber es ist sehr wahrscheinlich, dass sie eine Anhäufung von Treibeis veranlasst); diese Insel muss ihm erklärlicher Weise ein Hinderniss entgegenstellen, es tritt dort eine mächtige Stauung ein, es bildet sich eine grosse Aufstapelung von Eisschollen und von Treibholz, gleichsam ein Eisfang, oder ein „Eiskeller" auch im Sommer (wie Baer es bezeichnet), was die niedrig bleibende Sommer-Temperatur bis zur Vegetationslosigkeit erweist, welche die Russischen Seefahrer und Forscher in der Karischen Pforte und in Matotschkin-Schar wohl erfahren haben (Pachtussow, Ziwolka, v. Baer), im Gegensatz mit der westlichen Seite. Aber der Strom muss weiter ziehen, den Auslass des Beckens suchend; er geht um die Nordküste herum, bei 76° N, dort hat namentlich der Holländer Barentz dereinst dessen Wirkung erfahren; als er von Westen her die Nordspitze eben umfahren hatte, wurde sein Schiff von den entgegendrängenden Schollen vollständig auf die flache Ostküste geschoben, wie Treibholz, unrettbar, wo es in Trümmern vielleicht noch steht. In neuerer Zeit fand v. Lütke den nördlichen Theil der Westküste verhältnissmässig

eisfrei (mehr als den südlichen Theil und die Nordküste von Russland), aber in der Höhe der Nordküste traf er auf die südliche Gränze eines (vermeintlichen) dichten Eisgebiets (s. H. Berghaus, Hertha, Zeitschr. f. Erdk. 1825); unstreitig war dies der südliche Rand des Eisstroms. Den Weg weiter fortsetzend geht dieser nun nicht direkt nach dem Ausgange des Beckens, nach Süden, sondern auffallender Weise hält er sich nach Westen und noch mehr nach Nordwesten, die Ostküste Spitzbergens berührend geht er um die Nordküste dieser Inselgruppe herum. Es muss in der That sehr auffallen, dass er diesen Umweg nimmt und dass er nicht auf dem nächsten Wege nach Südwesten hin zieht, um das Atlantische Meer zu erreichen, längs der Nordwestküste Norwegens; es muss daher ein ihm hier entgegentretendes Hinderniss vermuthet werden. Dies besteht wirklich, und zwar in der breiten einfliessenden Strömung, dem Hauptarme der antipolarischen Gegenströmung, d. i. des Golfstroms, welcher nach Nordost hin ziehend etwa bis 74° und 76° N reicht, wo er aufhört, ein hinderndes Moment zu sein, indem er die Oberfläche verlässt und unter den queer vorüberziehenden Polarstrom tritt. Dieser, wie gesagt, den südlicheren Weg völlig vermeidend bezeugt sich dagegen sehr entschieden an der Ost- und Nordküste Spitzbergens (80° N) durch Anhäufung von Eis und von Treibholz; letzteres findet sich in der That hier ausschliesslich an den östlichen Seiten, bestehend fast nur aus Nadelholz. Ueber die hiesige Anhäufung des Treibeises machen Wallfischjäger die Aussage (s. Barrington, The possibility of approaching the North Pole, 1828), in einigen Jahren seien Schiffe um die Nordost-Spitze Spitzbergens gefahren, aber diese östliche Strasse sei selten fahrbar, d. h. frei von Eis.

Von der Nordwest-Spitze Spitzbergens zieht der Strom dann nach Südsüdwest, endlich den gesuchten freien Ausgang findend, er berührt die Ostküste Grönlands mit seinem nördlichen Rande, indessen, wohl zu beachten, blieb diese Küste im nördlichsten Theile, schon bei 75° N, frei davon *); dadurch wird,

*) S. Clavering, Journal of a voyage to . . . the East coast of Greenland, in Edinb. New philos. Journ. 1830, July.

beiläufig gesagt, wieder der Strom als nicht sehr breit angedeutet, also in Uebereinstimmung mit dem Befunde Parry's im Norden von Spitzbergen, welcher bei 82° 44′ N den Eisgürtel beinahe durchbrochen hatte, und mit den Befunden weiter südlich, an der Südspitze Grönlands, wo er eine Breite von etwa 20 geogr. Meilen erweist, auch dichter und schwer zu durchdringen ist. Seine Geschwindigkeit hat sich hier bei eingefrornen Wallfischfahrern, von 76° N bis Cap Farewell, zu 3 geogr. Meilen in 24 Stunden erwiesen (nach Graah), was auch Scoresby annimmt. (Dieselbe Geschwindigkeit gilt auch für den westlichen Polarstrom, in der Davis-Strasse, den „Labrador-Strom".) Mit seinem südlichen oder nun südöstlichen Rande berührt der Strom die Insel Jan Mayen und die Nordwest-Spitze Islands. Die Ostküste Grönlands zieht er entlang, auch dort Eisschollen und selbst Eisberge aufnehmend, und zwar zeigt er sich eng zusammengedrängt, bis er einige Breitengrade südlich von der Südspitze Grönlands, vom Cap Farewell, 60° N, 44° W, jedoch nicht weiter südöstlich davon als 58° N, 41° W, von der Oberfläche verschwindet, indem er, nach unserer besonderen Vorstellung, in Conflict gerathend mit einer weit wärmeren Abzweigung des Golfstroms (mit seiner Temperatur dazu sich verhaltend etwa wie 0° zu 7° R) — welche als der compensirende antipolarische Gegenstrom in die Davis-Strasse und längs der Westküste Grönlands nordwärts fliesst — als das schwerere Wasser unter diesen taucht und submarin im Atlantischen Meer weiter zieht, wahrscheinlich bis in das intertropische Gebiet. Diese Vorstellung ist freilich abweichend von der gewöhnlichen, denn üblich ist die Annahme, der „arktische Strom" biege um die Südspitze Grönlands herum und er sei es, welcher längs der Westküste den Lauf fortsetze. Aber dem widerspricht schon die Theorie, denn wenn man nicht unterlässt, nach dem Motiv dafür zu fragen, ist keines anzugeben, und auch die Thatsachen lehren eine andere hier bestehende Ordnung. Die vorliegenden Thatsachen sind vortrefflich dargelegt von Irminger (im Journal of the R. Geograph. Soc. 1856 und früher in Zeitschr. f. Allg. Erdk. 1853 und 1854, neuerlich daselbst 1861), nur fehlt jener Darlegung die richtige Deutung, nämlich die Unterscheidung

in zwei ganz verschiedene Ströme*). Später, beim westlichen antipolarischen Strome, müssen wir hierauf zurückkommen (s. § 6).

§ 4.

2. *Der westliche polarische oder arktische Strom*

Wohl bekannt ist dieser Strom als „Labrador-Strom" mit seinen zahlreichen Eismassen, worunter auch die grössten Eisberge der Nord-Hemisphäre sich befinden, an der westlichen Seite der Davis-Strasse und der Baffin-Bai. Aber er lässt sich viel weiter nach seinem Ursprunge hin verfolgen. Schon im Norden von der Bering-Strasse ist die Hauptströmung nach Osten gerichtet und auch an der Westseite der südwestlichen grossen Inseln des Parry-Archipels, der Banks-Insel und Prince Patrick-Insel findet sich unverkennbar, ja sogar sehr deutlich eine Tendenz des Polarstroms nach Osten hin gehend, analog wie sie an der Ostseite von Nowaja Semlja, Spitzbergen u. a. nach Westen sich kund giebt. Nicht nur ist an der Westseite der Banks-Insel, von der Sibirischen Küste beginnend, das Meer bedeckt mit undurchdringlichen Eismassen, wie namentlich erfahren haben Cook, Kellett, Rodgers und in unmittelbarer Nähe jener Insel, zu Terrassen auf einander geschoben, Collinson und M'Clure, sondern auch Treibholz ist an jener Westküste in solcher Menge aufgestapelt, zum Theil schon petrificirt und carbonisirt, dass man sagen kann: die Küste besteht grösstentheils aus Holz (s. Alex. Armstrong, North West Passage, &c. 1857, p. 395). Aehnliches fanden die Schlitten-Reisenden der Belcher'schen Polarfahrt an der Westküste der Prince Patrick-Insel und an der Südwestküste der Melville-Insel. Auch haben wir von M'Clure, welcher in dieser Gegend zwei Winter zugebracht hat, die bestimmte An-

*) Der Dänische Seefahrer Graah, welcher an der Ostküste Süd-Grönlands, zwischen 60⁰ und 65½⁰ N, zwei Sommer und einen Winter (1829) zugebracht hat, fand die Temperatur im „arktischen Strome" niemals höher als 0⁰.9, genauer zwischen —1⁰.8 und 0⁰.9. Dagegen im Eingange der Davis-Strasse fand er sie selbst in der Nähe des Eises zu 3⁰.1 bis 4⁰ R, obgleich er sonst niemals in der Nähe von Eis über 1⁰.8 gefunden hatte. Daraus schliesst er, es müsse dort ein südlicher Strom eintreten (Reyse til Ostkysten af Grönland, Kjöb. 1832).

gabe, es befinde sich an der Westseite der Banks-Insel eine beständige, nach Osten hin gerichtete Bewegung des Meeres (s. M'Dougall, The eventfull voyage of .... ship „Resolute", 1857, p. 141).

Keinem Zweifel ist unterworfen das Vorhandensein der nach Osten hin ziehenden Strömung weiterhin im Parry-Archipel selbst, diesem Schauplatze so vieler Fahrten und Ueberwinterungen; wir können ihren Zug ununterbrochen verfolgen, obgleich hier die Fluth nach Westen geht, vom Melville-Sund die Barrow-Strasse und den Lancaster-Sund hindurch, dann südlich an der westlichen Seite der Baffin-Bai und der Davis-Strasse sich haltend, immer mit dichten Eismassen bedeckt *), die Hudson-Bai vorüber, aus welcher noch Eis hinzukommt, die Küste von Labrador entlang, bis endlich bei Neu-Fundland, 46° und 40° N, oder genauer bei der grossen Sandbank an der Ostseite auch dieser polarische Strom mit dem Namen „Labrador-Strom" (dessen Geschwindigkeit 3 geogr. Meilen den Tag soll sein) von der Oberfläche verschwindet, indem er unter den queerüber nach Nordost hin fliessenden weit wärmeren Golfstrom taucht; nur ein schmaler Theil setzt unbedeckt seinen Weg fort, dicht an der Amerikanischen Küste nach Südwest, bis zur Südspitze von Florida (s. J. Kohl, Gesch. des Golfstroms etc. 1868, p. 220); der Haupttheil geht submarin im Atlantischen Meere weiter nach dem Aequatorial-Gebiet. Die bekannten dichten Nebel in der Nähe von Neu-Fundland bezeugen die grosse Temperatur-Differenz der beiden Ströme (der Golfstrom hat hier nach Maury etwa 10° R), wie sie vielleicht so contrastirend sonst nicht vorkommt. Indessen sind wir nicht im Stande, gerade von dieser wichtigen Vereinigung der zwei am meisten contrastirenden Ströme die Stelle und deren Temperatur-Verhältnisse genauer anzugeben;

---

*) Es giebt Seefahrer, welche die Bewegung der allen Schiffern wohl bekannten mächtigen Eistrift südwärts, längs der Westseite der Baffin-Bai, dem Vorherrschen des Nordwest-Windes zuschreiben mögen. Dass dieser Wind vorherrscht, ist sicher, aber die Strömung hält sich dennoch nahe der Küste, wie eine selbstständige. Wäre der Nordwest-Wind die Ursache, so müsste er das Eis ja eben nach der anderen Seite hin treiben. Offenbar wirkt hier wieder bestimmend für die Lage des ausfliessenden wie des einfliessenden Stroms, die Erdrotation.

Angaben darüber waren nicht zu finden, und scheinen überhaupt noch zu fehlen. Die Eisberge, welche der Polarstrom trug, muss er erklärlicher Weise bei seinem Untertauchen oben lassen, diese aber treiben dann nicht etwa mit der nordöstlichen Richtung des Golfstroms nach dem Polarbecken zurück, sondern beharren in der früheren Richtung nach Süden hin, was ein Beweis ist für die dorthin gerichtete Fortexistenz des westlichen polarischen Stroms als Unterstroms, aber zugleich auch für die Flachheit oder geringe Mächtigkeit des Golfstroms wie sie auch aus dessen fächerförmiger Ausbreitung schon hervorgehen muss. Das Vorkommen von Eisbergen erstreckt sich auffallend wenig nach den östlichen Theilen hin, nach Rennell nie weiter als 46° W, das ist etwa der Meridian vom Cap Farewell; als James Ross ein Mal auf 61° N, 6° W zwei grosse Eisberge antraf, galt dies für eine „unerhörte Erscheinung". Da nach Süden hin die Eisberge nur bis 41° N gelangen, so ist zu urtheilen, dass sie sehr rasch schmelzen (dies ist erklärlich theils durch die hohe Temperatur des Golfstroms, theils aber ausserdem durch die geringe Kälte der Eisberge selbst, welche wenigstens in ihrem Inneren, weil sie als Gletscher mit Wasser durchtränkt werden, constant nahe bei 0° temperirt bleiben). Sehr wahrscheinlich ist der an der Nordwestküste von Afrika auftauchende kühle Strom die untermeerische Fortsetzung, die zur Compensation der Rotations-Strömung verwendet wird und bis zur Guinea-Küste geht. Den eben beschriebenen Weg im Amerikanischen polarischen Archipel hat übrigens der besprochene Strom vier Mal selber deutlich bezeichnet in ganz ausserordentlicher Weise dadurch, dass vier Mal ein Schiff, fest im Eise eingeschlossen, also ohne Führung, und eines sogar ohne Mannschaft, den Weg von der Mitte des Parry-Archipels bis zur Davis-Strasse zurückgelegt haben (unter J. Ross, de Haven, M'Clintock und allein die „Resolute").

Wir müssen auch noch weiter nach Norden sehen und nachsuchen, ob etwa auch längs der Nordküsten der Parry-Inseln (77° N), welche die berühmten Schlittenreisen befahren haben (von Belcher, Richards, Osborn, Hamilton, Mecham, M'Clintock, Penny, Sutherland u. A.), die westliche polarische Strömung besteht und gefunden ist. Es ist unverkennbar aus

den Berichten zu ersehen, dass sie dort nicht ganz fehlt, aber auch, dass sie dort weit geringer ist als weiter südlich, zumal aber weit weniger Treibeis und Treibholz führt, welche übrigens dort beide durchaus systemrichtig an den nordwestlichen Seiten abgelagert angetroffen wurden (siehe Peterm. „Geogr. Mittheil.“ 1855, S. 98, nach englischen Parlaments-Akten und Dokumenten der brit. Admiralität). Z. B. wird ausgesagt: „Zwischen den Inseln Grinnell-Land und North Cornwall (77° N) hatten sich die Eisschollen an den nordwestlichen Seiten aufgethürmt und zusammengeschoben; — das Treibholz bestand aus wenigen kleinen Stücken, wahrscheinlich Amerikanischem Lärchenholz, herstammend aus dem Mackenzie-Fluss und hergekommen um die Nordküste der Prince Patrick-Insel herum; — an der Nordwestküste der Prince Patrick-Insel [der westlichsten Insel] fand sich ungleich mehr Treibholz als irgendwo an den polarischen Küsten des ganzen Parry-Archipels.“

Noch ist zu erwähnen, dass auch im Kennedy-Canal, welcher als Fortsetzung des Smith-Sundes von Süd nach Nord (78° bis 82° N) gerichtet ist, längs der Westseite eine permanente Strömung nach Süden hin gefunden ist, freilich ohne irgend Treibholz, aber mit Treibeis, während längs der Ostseite eine freie Strömung nordwärts zog; so berichtet Kane nach seinem zuverlässigen Matrosen Morton, und auch Hayes.

§ 5.

II. *Das einfliessende Moment oder die antipolarische Strömung (der Golfstrom).*

Wir können diese wärmere compensirende Einströmung nur in der canalförmigen Apertur des Beckens erkennen, nicht aber weiter verfolgen im Circumpolar-Becken selbst, auch wenn dies völlig zugänglich wäre, denn die letzten Ausläufer des Golfstroms, welche sie bilden, verschwinden noch vor oder bald nach dem Eintreten in das Becken unter der Oberfläche und vollziehen ihr übriges Geschäft der Compensation submarin. Vom Atlantischen Ocean herkommend heisst diese ganze Einströmung auch die nordöstliche Hälfte des Golfstroms, ja diese ist überhaupt nichts Anderes als die in der latitudinalen

oder thermalen Circulation für den kalten Centralraum beim Pole bestimmte wärmere Compensations-Strömung, während die andere, die südöstliche Hälfte, die Compensation darstellt in der longitudinalen oder Rotations-Circulation, deren primäres Moment dem Aequator entlang nach Westen hin fliesst (damit wird der ganze Golfstrom überhaupt angesehen und gedeutet als doppelte Compensations-Strömung, was gewiss richtig ist). — Unterscheiden muss man hier gleichfalls, entsprechend den Ausströmungen, zwei Arme, einen östlichen, welcher bei weitem der grössere ist, und einen schwächeren westlichen.

1. *Der östliche antipolarische Strom* (der Skandinavische Theil des Golfstroms).

Auffallen muss bei der geographischen Uebersicht, wie der aus dem Mexikanischen Golf herauskommende Golfstrom bei seinem „Ausfall“, in der Meerenge von Bemini bei Florida, so schmal, nur 24 geogr. Meilen breit (2000 Fuss tief, 24° R warm, 1 geogr. Meile in der Stunde geschwind), auf dem Wege nach Nordosten, wohin ihn sowohl die Lage und Gestalt der Oeffnung des Polarbeckens wie auch die Rotation der Erdkugel richten, so zunehmend (fächerförmig und dabei einigermaassen fluctuirend) sich ausbreitet und damit auch flacher und langsamer werden muss. Seine Ausdehnung erstreckt sich von der Südwestküste Islands bis zur Westküste Skandinavien's (wir sprechen hier noch nicht von der ersten Abzweigung, welche schon früher in die Davis-Strasse abgeht). Dass demnach auch längs der Westküste Islands ein Zweig des einfliessenden wärmeren Stroms hinaufzieht, ist beachtenswerth (s. Irminger's Nachweisung davon in Zeitschr. f. Allg. Erdk. 1854, S. 183: „Ueber Meeresströmungen“); dieser (der Isländische Zweig des Golfstroms) geht sogar bis hoch zur Nordwest-Spitze, etwa bis 66° N, wie unverkennbar ausser dem Wasserzuge die höhere Temperatur des Meeres dort (noch bis 7°.5 R) erweist, welche an der Südwestküste Islands im Jahresmittel 4°.4, im Sommer aber 8°.7 R beträgt. Schon Sartorius von Waltershausen (Physisch-geogr. Skizze von Island, 1847) sagt, der Golfstrom treffe die Süd- und Westseite von Island, und O. Torell bezeugt (s. „Geogr. Mitth.“ 1861), auf

Island habe er gefunden, an der Südküste bestehe das Treibholz meistens aus mahagoniartigen Baumstämmen (freilich immer nur sehr sparsam), dagegen an der Nordküste, welche er auch besucht hat, überwiegend aus Nadelholz. Weiterhin zieht bekanntlich der Hauptthoil *) des eintretenden Golfstroms in der ganzen Strecke zwischen der Ostküste Islands und der West- und Nordküste Norwegen's langsam nach Nordosten in das Becken hinein, bis zum 74° oder 75° N, in welcher Polhöhe die Bären-Insel liegt; nach übereinstimmenden Angaben kommt südlicher den im Frühjahr hier hinauffahrenden Schiffern keine Eisscholle entgegen; die Wallfischjäger sagen aus, man erreiche hier den südlichen Rand des Packeises gewöhnlich bei 74° N, und zwar so weit könne man in jeder Jahreszeit gelangen. Dabei wird freilich die Ostküste Islands nicht oder kaum berührt. Löwenörn (Beschreibung der Isländischen Küsten und Meere, H. 3) sagt darüber: „Die [polarische] Strömung längs der Nordküste Islands setzt merklich nach Osten um, Treibholz und Treibeis finden sich mehr an den westlichen und nordwestlichen Seiten der vorspringenden Landzungen, z. B. Langenäs u. a.; sie treiben dann nordostwärts und schwingen sich wieder in den Haupt-[Polar-]Strom hinein" (s. Irminger, Die Strömungen und das Eistreiben bei Island, in Zeitschr. f. Allg. Erdkunde, 1861, wo auch auf einer Karte werthvolle Temperatur-Angaben des Meeres zu finden sind). Dass längs der Zwischengränze von zwei verschiedenen Strömen Wirbelungen erscheinen können, ist erklärlich und auch an manchen anderen Stellen zu erwarten. Um vollständig zu sein, müssen wir erwähnen, dass die Ost- oder Nordostküste Islands polarisches Treibeis kennt, ja es ist vorgekommen, dass Eisberge um die Südostspitze herum nach Westen bis Westmannö gelangt sind, — wieder ein Beweis für eine seitliche Gegenströmung. Ueberhaupt sind ja an den Seiten grosser Ströme schmale, durch sie selbst bewirkte Gegenströme, zumal den Küsten entlang, sehr häufig. — Längs der

---

*) welcher übrigens zu den neueren Entdeckungen gehört, insofern Rennell (An investigation of the currents of the Atlantic, 1832) ihn nicht anerkannte und durch sein wohl erworbenes grosses Ansehen in Unbekanntsein erhalten oder darein zurückgesetzt hat.

Nordküste Norwegen's (71° N) und ungefähr bis zur Mitte von Lappland (35° O) findet sich bekanntlich Nichts von jenem breiten Gürtel von Landeis, welcher sonst die polarische Küste der grossen Continente rings um das Becken umsäumt; aber dieser fehlt nicht, sondern beginnt an der südöstlichen Seite des hier besprochenen einfliessenden warmen Stroms, an der Ostküste von Lappland, etwa gerade nördlich von Archangel. Schon L. von Buch giebt an (Reise in Norwegen und Lappland, 1810), die Nordküste Norwegen's bleibe selbst im Winter frei von jenem Sibirischen Eise, so dass erst 20 bis 30 geogr. Meilen nördlich vom Nordcap (71° N, 26° O) Eisinseln am fernen Horizont sich zeigten. Die Beweise dafür, dass der Golfstrom die Küste Norwegen's bespült, sind kaum noch nöthig, die neueste Zusammenstellung findet sich in Vibe, Küsten und Meere Norwegen's (Peterm. Geogr. Mitth. 1860, Ergänz. H.); aber wohl ist ein Zeugniss hervorzuheben, dass er auch Novaja Semlja erreicht, da dort eigenthümliche hohle Glaskugeln, welche die Fischer bei den Lofoten gebrauchen, an der Westküste gefunden, dann nach Petersburg und ferner nach London geschickt sind, etwa vor neunzehn Jahren (1850).

Verfolgen wir den Skandinavischen Theil des Golfstroms auf seinem Wege weiter nach Nordosten und Norden hin, so müssen wir mit einiger Spannung dem Conflict mit dem kalten austretenden Strome, welcher um die Spitze von Nowaja Semlja biegt, entgegensehen, der Art und Weise, wie beide bei ihrem Begegnen sich ordnen, sich benehmen werden. Auf den ersten Blick scheint es, der polarische Strom könne einfach, nachdem er von Osten heranziehend die Spitze von Nowaja-Semlja überschritten hat, sofort an der östlichen Seite des eintretenden Golfstroms den kürzesten Weg nehmen, um aus dem ihm nun offen stehenden Becken herauszukommen. Dass aber diese einfachere Anordnung nicht erfolgt, davon ist der Grund sehr wahrscheinlich allein die Erdrotation, in Folge deren ein jeder der beiden sich entgegenfliessenden Ströme nach seiner rechten Seite hin drängen muss; da sie sich nun in einem (sehr stumpfen) Winkel begegnen, so ist seitliches Ausweichen nicht möglich, wohl aber muss, weil beide von sehr verschiedener Temperatur sind, das Schwere-Verhältniss

sich geltend machen und dabei entscheidend sein *) für die eintretende vertikale Ordnung. Der hydrothermischen Theorie gemäss muss in diesem Falle der wärmere Golfstrom der schwerere sein, da er hier bis nahe dem Dichtigkeits-Maximum des Wassers und auch des Meerwassers (welches letztere durch seinen Salzgehalt in diesem Gesetz keine Aenderung bewirkt, wie die Erfahrung im grossen Ganzen der Natur lehrt, d. i. die Geo-Physik, welche mitunter nicht übereinstimmt mit der Cabinets-Physik, woran zu Zeiten zu erinnern, nicht überflüssig ist) abgekühlt sein muss, das ist bis 3°.2 R, während wir dem anderen, dem polarischen kälteren Strom in seinem flüssigen Theile keine höhere Temperatur zuschreiben können als zwischen 0°.9 und —1°.8 (der letztere Grad ist bekanntlich der niedrigste, bis zu welchem Seewasser im flüssigen Zustande bleiben kann, also bis nahe vor der Erstarrung und Ausdehnung zu Eis; dieser Grad findet sich daher im Winter dicht unter der Eisdecke, das so weit erkaltete Meerwasser bildet die oberste Schicht, falls nicht salzloses Wasser noch darüber liegt), und demzufolge muss der polarische Strom in diesem Falle bei weitem der leichtere von beiden sein. Wir haben gute empirische Kenntniss von der Temperatur des Golfstroms eben in dieser Gegend, zwischen Skandinavien und Spitzbergen, und die hier angestellten hydrothermischen Untersuchungen bestätigen wirklich die vermuthete Temperatur. Die wohl bekannte Französische wissenschaftliche Commission (s. Gaimard, Voyage scientifique de la commission du Nord &c. 1838, dabei waren betheiligt Bravais, Martins, Liliehöök, Siljenström, Lottin u. A.) fand dort zwischen 74° und 77° N im Sommer die Meeres-Temperatur im Mittel zu 3°.0 R (die Luft 2°) **). Es ist aber wohl nicht dem geringsten Zweifel

---

*) Eine Verschiedenheit in der Vertheilung des Salzgehaltes, ausser auf der äusseren Oberfläche, wo im Sommer das Schmelzwasser salzarm entsteht, aber meistens als leichter nur oben schwimmt, nehmen wir im grossen Ocean nicht an, wenigstens nicht so beträchtlich, so räumlich und so permanent sich erneuernd, dass darin die Ursache der bestehenden Circulation anerkannt werden könnte. In Bezug hierauf muss an Cap. I. erinnert werden.

**) Etwas genauer lauten diese Befunde von Mitte Juli bis Mitte August folgendermaassen:

unterworfen, dass der Golfstrom, dieser einfliessende wärmere Strom, in dem Conflicte sich als der schwerere bewährt und untertaucht, etwa bei 76° N im Sommer (vielleicht im Winter bei 74° N), zwischen Nowaja-Semlja und Spitzbergen, während der von Osten her kommende ausfliessende, kältere, als der leichtere mit seinen Eisfeldern und Treibholz über ihn weg nach Westen hin zieht; denn wie könnte der eintretende Strom anders so ruhig verschwinden? Und ferner ist unzweifelhaft, dass dieser submarin seinen Weg und Austausch in dem Circumpolar-Becken fortsetzt, in welchem folglich auch hinreichend Motiv und damit auch Raum für seine bedeutende Wassermenge vorhanden sein muss.

Vielleicht, ja sehr wahrscheinlich ist auch an der Westseite Spitzbergen's ein Nebenzweig der grossen einfliessenden Strömung anzunehmen (der Spitzbergische Theil des Golfstroms); mehre Autoritäten sind dieser Meinung, z. B. von Forschern neuester Zeit Malmgrén (s. Die Schwedische Expedition nach Spitzbergen, in „Geogr. Mittheil.“ 1863, Heft XI). Jedenfalls ist diese Seite weit freier von Treibeis und Treibholz und auch wärmer als die Ostseite und kann in jeder Jahreszeit bis 75° und 76° N erreicht werden, obgleich Nordwest- und Westwinde ihr Eis zuführen müssen. Auch fehlt es nicht dass auch hier, selbst an der Nordwest-Seite südliche Treib-Produkte angeschwemmt gefunden sind. Eine sichere Bestätigung hierüber hat Koldewey gewonnen (s. W. von Freeden, „Die wissenschaftl. Ergebn. der ersten deutschen Nordfahrt von 1868“ in Mittheil. aus der Norddeutsch. Seewarte I, Hamb. 1869), welcher überhaupt dem Systeme der Meeresströmungen zwischen Spitzbergen und Grönland, mit der Temperatur-Vertheilung, auch in vertikaler Richtung, besondere und lehrreiche Beachtung gewidmet hat; er fand dort, im Juli, bei 80°N, 4° R.

	Meer	Luft
77° bis 79° N	2°.1 R	2°.4
74 - 77 -	3°.0 -	2°.2
70 - 74 -	4°.2 -	4°.7

Bei 73° N, 8° W fand Parry auch 3°.1.

Wir kennen auch die gleichzeitige Temperatur derselben Strömung bei den Faröer (62° N), dort ist sie im Juli 8°.0 (nach E. Irminger). Mehre Temperatur-Bestimmungen sind enthalten auf der Polar-Karte in P. Sutherland's Journal of a voyage in Baffin's Bay, 1852, Vol. 1.

§ 6.

2. *Der westliche antipolarische Strom* (der Grönländische Theil des Golfstroms).

Die Theorie verlangt, dass auch für den westlichen Arm der polarischen Ausströmung, welcher zunächst auf der Grönland entgegengesetzten Seite der Davis-Strasse als der dort sogenannte „Weststrom“ sich bemerklich macht, eine compensirende antipolarische wärmere Einströmung vorhanden sei. Nach unserer Vorstellung ist der auf der östlichen Seite der Davis-Strasse längs der Westküste des südlichsten Grönlands bekannte, nordwärts, wenn auch nur in kurzer Strecke auf der Oberfläche bleibend, ziehende Strom dieser von der Theorie geforderte Compensations-Strom und eine Abzweigung des eben besprochenen Golfstroms. Mit dieser Ansicht stehen wir aber noch ziemlich allein, und indem wir auf diese Frage hier zurückkommen müssen, haben wir auch ferner die belegenden Thatsachen anzugeben oder nur im angegebenen Sinne zu deuten, gegen die Auffassung, der warme Strom der Westküste sei die Fortsetzung des kalten arktischen Stroms, welcher um die Südspitze Grönlands herumgeflossen sei, demnach plötzlich und ohne erkennbares Motiv den Weg nach Norden hin eingeschlagen habe. In der That, das wäre gegen dessen Motiv, welches doch eine primäre, im fernen Süden liegende Aspiration ist. Der Fall ist analog den berühmteren Strömungs-Verhältnissen auf der Agulhas-Bank an der Südspitze Afrika's, nur mit dem Unterschiede, dass dort die wärmere (Mozambique-)Strömung die Ostküste entlang und hinauf kommt und die kältere die Westküste abwärts geht. An der Südspitze Grönlands fehlen auch nicht Nebel und stürmische Winde, freilich aber wird hier das richtige Verständniss der Strömungen ausnahmsweise schwieriger durch die Zugabe von Treibeis und Treibholz, indem diese wirklich um die Südspitze herum auf die Westseite übergehen. Indess ein genaueres Bedenken des Vorgangs lässt bald erkennen, dass, im Falle ein Strom unter einen anderen tritt, etwa auf ersterem schwimmendes Eis und Holz oben bleiben und auf den anderen Strom übertragen werden müssen, welcher sie dann in seiner Rich-

tung fortführt. Besondere Zeugnisse für unsere Ansicht, dass der längs der Westküste Süd-Grönlands nordwärts fliessende Strom ein Zweig des Golfstroms sei, sind zu erwarten in der Richtung selbst, in der höheren Temperatur und in dem etwaigen Vorhandensein auch von tropischem Treibholz.

Die Richtung betreffend stimmt uns Irminger bei, wie oben gesagt ist, in seinem Aufsatze, in so fern sein nächster Zweck ja nur war, zu beweisen, vom Cap Farewell gehe nicht ein Verbindungsstrom weiter südwestlich nach Neu-Fundland hinüber; John Ross, W. Parry und Kane haben aber wirklich lich, südwestlich und westlich vom Cap Farewell gefunden, dass eine Strömung nach Nordwest hin zog, und Graah schliesst dasselbe aus der höheren Temperatur des Meerwassers im Eingange der Davis-Strasse, wo er sie zu 4° R fand (s. Journ. R. Geogr. Soc. 1856, p. 42). In der Davis-Strasse sind zahlreiche Untersuchungen angestellt von John Ross (Sec. Voyage 1833), er fand die Temperatur des Meers auf 69° N im Juli 4° R und auf 74° N im August 4°.4. Was die höhere Temperatur dieses Meeresstroms betrifft, so haben wir dafür klimatische und meteorologische Beweise, obgleich das schwimmende Eis sie einigermaassen auf der Oberfläche abkühlen muss. Sie ergiebt sich zunächst aus dem ausgezeichnet milden Klima dieser Westküste, und zwar in der Mitte zwischen dem kalten östlichen und dem kalten westlichen bei Labrador. N. Egede (Naturgeschichte Grönlands, 1750), noch immer ein unübertroffener Zeuge, sagt darüber: „Die schönste Bucht liegt zwischen 60° und 61° N, hier findet man noch 18 Fuss hohe Birken, auch Grasweide, Gerste wird zwar nicht reif, aber Rüben und Kohl gedeihen sehr gut, — jenseits 65° N jedoch wächst nicht einmal hinreichend Gras, um es als Heu in den Stiefeln zu gebrauchen.“ So weit aber reicht eben auch die in Frage stehende warme Strömung, dort etwa verschwindet sie, wird submarin, wie alle übrigen antipolarischen Zweige des Golfstroms (etwa bei 3° R), was auch dadurch erwiesen wird, dass auch das Treibeis und Treibholz nur so weit nördlich gelangen. Ueber die wärmeren klimatischen Temperatur-Verhältnisse haben wir auch meteorologische Bestimmungen von mehren Orten, z. B. in Lichtenau (60° N, 46° W) ist die mittlere Temperatur des Jahres nicht

geringer als 0°.8 R, des Winters als —4°.5, des Sommers freilich nur 4°.9. Ueber die Temperatur des Meerwassers in dem Strome selbst haben wir nur wenige, aber doch bestätigende Angaben; etwa zwei Breitengrade südöstlich vom Cap Farewell zeigte das Meer im Anfang Mai oben 6°.3 R und auch in den Tiefen von 600 und 1200 F. 5°.5 (nach Graah). Früher ist schon erwähnt, dass im Eingang der Davis-Strasse, im Eistreiben selbst, 4° gefunden sind (von Graah). Rink (Groenland geographisk . . . beskrewet, 1857, in Zeitschr. f. Allg. Erdk. 1857) giebt in dieser Hinsicht die werthvolle Beobachtung, ausserhalb der Inseln friere das Meer hier nie zu, bisweilen werden einige der Eisstücke auf das Land geschoben, sie zeigen sich gegen 12 Fuss mächtig und von einer Gestalt wie ein Tisch mit einer dünnen Platte und schmalerem Fusse, die Platte ist der Theil, welcher ausser dem Wasser ragte und deshalb weniger rasch schmolz; dies spricht sicherlich dafür, dass die Eisstücke in ein wärmeres Wasser gerathen waren*). — Man kann nun noch verlangen, dass auch tropische Hölzer unter dem Treibholz befindlich nachgewiesen werden, wie sie im Golfstrom sich finden. Genauere Angaben über das hiesige Treibholz macht Dav. Cranz (Historie von Grönland, 1770); das meiste ist Kiefern- und Tannenholz, auch Lärchen und Espen. Irminger erwähnt gelegentlich („Ueber Meeresströmungen“, in Zeitschr. f. Allg. Erdk. 1854, S. 187, s. dort auch Gumprecht: Ueber die Treibprodukte, S. 409), es würden mehre Arten Mimosen angespült in Norwegen, den Faröer, Island, und fügt hinzu „auch in Grönland“, womit dieses in den Bereich des Golfstroms gebracht wird, und in dem früher angeführten Aufsatze Irminger's im Journal of the R. Geogr. Soc. 1856 führt eine Anmerkung des Herausgebers N. Shaw als Beispiel an, dass in Holsteenborg (67° N) eine in Disko (70° N) gefundene Mahagoni-Planke zu einem Tische für den Gouverneur bearbeitet stehe.

---

*) In Kane's The Grinnell Expedition 1854 findet sich eine Karte der Meeresströmungen in der Baffin's Bay (S. 28), welche das Erstaunen erregen muss, dass dennoch die Ansicht beibehalten wurde, die längs der Westküste Grönlands nordwärts ziehende Strömung sei eine Fortsetzung der um die Südspitze biegenden arktischen Strömung. Als

Das Ende dieser westlichen antipolarischen wärmeren Einströmung ist, wie vorauszusehen war, dasselbe wie dasjenige der anderen, sie wird untermeerisch und verschwindet so nur von der Oberfläche; dies erfolgt etwa bei 65° N, doch einigermaassen fluctuirend mit den Jahreszeiten, der Vermuthung zufolge und, wie es scheint, bestätigt, wo und wenn die Temperatur bis auf 3° R abgekühlt ist. Es ist werth, der Art und dem Orte dieses Verschwindens näher nachzusehen, wobei uns das Eis wieder gute Dienste leistet, erst Eisschollen, dann Eisberge. Cranz giebt schon an, bei 65° N würden das Treibeis und Treibholz durch einen conträren Strom hinüber an die Amerikanische Küste geführt. Irminger sagt darüber, der Strom gehe längs der Südwest-Küste Grönlands nordwärts etwa bis 64° N, zuweilen sogar bis Holsteenborg (67° N), nachher vereinige er sich unzweifelhaft, westwärts sich wendend, mit dem dort herabkommenden, so enorme Eismassen führenden Strome. Ausführlich bespricht Rink die Frage, das Treibeis erscheint an der Südwest-Küste Grönlands in der Regel besonders von Februar an bis Juni und ein zweiter schwächerer Schub kommt im Herbst, so dass es fehlt im Winter und im Sommer, Juli und August; was das Verschwinden im Norden betrifft, so bleibe nur übrig anzunehmen, dass der nördliche Zipfel des etwa 5 bis 6 Meilen breiten Gürtels oder Streifens des Treibeises, langsam nordwärts ziehend (ungefähr bis 62° und 67° N), nach Westen hin in das Meer zerstreut werde. Aus diesen Thatsachen ist ersichtlich, dass sie sich sehr wohl erklären lassen mit der Vorstellung, auch dieser Zweig des Golfstroms werde submarin; dann muss das mitgeführte Eis, das zum grössten Theil auch geschmolzen sein wird, übergehen auf das entgegenstehende kältere, aber in diesem Falle doch leichtere Wasser, und weil dieses doch nicht in diametraler Richtung dem südlichen Strome entgegenfliessen kann, sondern ausbiegen muss, wird es mit dem übernommenen Eise auf die westliche Seite der Meeresstrasse gezogen, wo der Labrador-Strom nach Süden hin sich bewegt. — Man hat hier auch die seltene Gelegenheit, die sub-

---

Temperaturen findet man dort gezeichnet im Sommer: bei 60° N + 4° R, bei 65° N + 2° R, bei 70 N + 0°.1 R, aber bei 75° N wieder + 1°.4 R

marine Fortsetzung des einfliessenden wärmeren Stroms weiter nordwärts unter dem kälteren Wasser wahrzunehmen, was an sich durchaus nichts Unwahrscheinliches hat (obgleich es vielfach bezweifelt wird), gemäss der dargelegten Gesetzlichkeit für die hydrothermischen Aenderungen in der Dichtigkeit des Meerwassers (welche Gesetzlichkeit hierin eben die anschaulichsten Belege erhält, wie auch die Theorie für die vertikale Ordnung der Meeresströme), und was nur ein Seitenstück ist zu der weit bekannteren submarinen Fortsetzung des ausfliessenden kalten polarischen Stroms nach Süden queer unter dem Golfstrom, wobei Eisberge, zumal im Mai, so zahlreich nach Süden treiben. Solches Zeugniss für die entgegengesetzte submarine Strömung geben schwimmende Eisberge, tief eingetaucht, mehre hundert Fuss hinunter reichend *), auch in der Davis-Strasse, wo sie dem Unterstrom gehorchend, selbst gegen Wind und Oberströmung, nordwärts ziehend gesehen sind. Dafür bestehen glaubwürdige Aussagen, z. B. von Kane, de Haven, Griffin, Duncan (s. Maury, Phys. Geogr. of the Sea 1864, p. 253, M. Somerville, Physic. Geography, 1858, p. 219). — Es ist sehr wahrscheinlich, ja unzweifelhaft, dass dieser einfliessende compensirende Strom, immer rechts drängend, sehr weit submarin sich fortsetzt, also entsprechend dem ausfliessenden, von Westen her kommenden, d. i. die Baffin-Bai, den Lancaster-Sund, die Barrow-Strasse, die Banks-Strasse, auch nach Norden den Smith-Sund hindurch &c. bis zur Mitte des Beckens oder vielleicht nur bis in die Gegend der Bering-Strasse, wo ja der Ursprung des Polar-Stroms anzunehmen ist. In neuester Zeit ist ein wichtiges Zeugniss dafür gefunden von Hayes (The open polar Sea 1867) in dem local milden Klima seines Ueberwinterungs-Hafens Port Foulke (78° N, 73° W), wo der warme nordwärts ziehende grönländische Zweig des Golfstroms sehr deutlich geworden ist.

Es bleibt nun noch übrig, zu bestimmen, wo die Abzwei-

*) Man misst vielleicht gewöhnlich die Tiefe des im Meerwasser unter der Oberfläche befindlichen Theiles der Eisberge zu gross, wenn man diesen im Allgemeinen zu 6/8 des ganzen Eisberges ansetzt, denn das Eis der Eisberge ist Gletschereis, damit poros, lufthaltig und leichter als in Flächen gefrorenes, es ist entstanden durch Compression von Schnee.

gung unseres grönländischen Zweiges ursprünglich vom Golfstrom anzunehmen ist; dafür ist ein Fingerzeig die Thatsache, dass im Golfstrom die Eisberge nicht weiter ostwärts treiben als etwa 43° bis 46° W, sie finden hier vielleicht jene Schranke. In der That die Erwägung liegt nahe, wäre diese Schranke nicht vorhanden, so würde das aus der Davis-Strasse kommende Eis unfehlbar mit dem Golfstrom wieder in das Meerbecken bei Spitzbergen hinein geführt werden; wie auch an der Westseite von Nowaja-Semlja, wenn nicht der Golfstrom als wärmerer Strom schwerer wäre und untertauchte, sondern oben bliebe, das Eis des Polarstrom's von ihm aufgenommen und wieder in das Becken zurückgeführt werden würde.

§ 7.

Die problematische Strömung längs der Mittellinie des Polarbeckens.

Wenn wir die eben dargelegte Anordnung der Aus- und Einströmungen im Circumpolar-Becken im Ganzen überblicken, so fehlt noch die Kenntniss des Verhaltens im Inneren des polarischen Central-Gebiets. Denn wir haben bisher aus den Thatsachen deutlich erkannt nur, dass längs der Peripherie eine ausfliessende Strömung an beiden Seiten, von der Bering-Strasse an bis zum Ausgang des Beckens', hinzieht; auf dieser wird im Sommer der dann sich ablösende winterliche Eissaum der Küsten geflösst und so entsteht ein sich fortbewegender Gürtel von Packeis, auch mit sehr grossen Feldern und stellenweise auch Eisbergen; dieser Gürtel ist früher für eine nach dem Pole hin sich fortsetzende allgemeine Eisdecke gehalten (Scoresby, Buchan, Beechey, Lütke); es stimmen aber die Befunde an den verschiedenen Orten ringsum dahin überein, dass der polarische Rand dieses Eises sich etwa schon in 2 bis 3 Breitengrade Entfernung von der Küste findet. Hiermit ist nicht gesagt, dass auch die polarische ausfliessende Strömung längs der peripherischen Küste selbst nur so wenig breit sei, wir haben gesehen, dass sie noch besteht an den Nordküsten des Parry-Archipels (77° N), wo der Gürtel mit Packeis kaum zweifelhaft schon eine Abnahme zeigt. Dass

Meeresströmungen sich ausbreiten, wo sie Platz haben, und sich zusammendrängen, wo sie beengt werden, also auch im Verhältniss damit sich verflachen oder aber vertiefen, ist ersichtlich vor Allem im Laufe des Golfstroms; aber es ist auch z. B. auffallend die Schmale des östlichen Polarstroms längs der Ostküste von Süd-Grönland. Es entsteht eben aus solchem Ueberblick noch die Frage, ob auch längs der Mittellinie, also etwa von der Bering-Strasse an den Pol überweg nach der Apertur oberhalb des Atlantischen Meeres hin, eine ausfliessende Tendenz sich kund giebt. Falls nicht eine grosse Landmasse den mittleren Raum einnimmt, ist dies zu erwarten, es entspricht der Theorie der Hydrodynamik ganz wohl (wie man schon beim Ausgiessen einer offenen Schale erkennen kann). Indessen kommt es darauf an, auch aus den Thatsachen die Beweise dafür zu geben.

Im Voraus spricht dafür die einfliessende compensirende Strömung, sowohl durch ihre grosse Breite, den Raum zwischen der Ostküste Islands und der Nordwestküste Norwegen's ausfüllend, wie auch durch ihre Richtung, welche zum grossen Theil doch auch gerade nach Norden geht. Was die Zeichen der diametralen Strömung selbst betrifft, so würde sie, falls sie bestände, als eine von Norden kommende nur oberhalb der Apertur des Beckens, im sogenannten Grönländischen Meere nördlich von Spitzbergen, sich darstellen, und zwar dort auch nur jenseit des queer von Ost nach West und Südsüdwest ausfliessenden östlichen polarischen Stroms; demnach würden bis jetzt Erfahrungen und Aussagen zu erwarten und zu suchen sein nur bei Scoresby, Parry, Clavering und nach Wallfischjägern bei Barrington. Dagegen würde an den Küsten sowohl des Asiatischen wie des Amerikanischen Continents die in Frage stehende Strömung der Mittellinie nur als eine beziehungsweise nach Westen oder Osten gerichtete erscheinen. Was zuerst diese Küstenseiten betrifft, so haben wir gesehen, dass an den Nordküsten des Parry-Archipels Zeichen einer schwachen Strömung nach Osten und Südosten hin sich bemerklich machten, übrigens aber auch entschiedene klimatische Zeichen eines eisfreieren, daher im Sommer Pflanzen- und Thierleben zulassenden, Zustandes des Meeres nach Norden hin; dies war auf 77° N. Von Sibirien kennen wir

keine Beobachtung von einem Standpunkt aus, welcher ausserhalb der nördlichen Gränze des Packeisgürtels liege, ausser Neu-Sibirien (76° N), welche Insel aber an ihrer Nordseite wohl kaum bekannt geworden ist und noch weniger in Hinsicht auf unsere Frage. Indess ist schon oben § 3 ein völlig gültiges Zeugniss des Admiral Anjou für die westliche Strömung angeführt Was nun die Gegend im Norden der Apertur des Beckens betrifft und die Aussagen der dortigen Beobachter, so sagt zuerst W. Scoresby, welcher übrigens niemals die Nordgränze des Eisgürtels überschritten hat (in seinem für immer classischen Buche „Account of the arctic regions“, Edinburg 1820) in Beziehung auf unser Problem *), es sei möglich, dass im Meere zwischen Grönland und Spitzbergen vorkommende Eisberge vom Pole herstammen, was wenigstens einigermaassen für eine dorther kommende Strömung gedeutet werden kann, — und ferner ein Theil der von Osten her, mit Eisschollen beladen, heranziehenden Strömung komme auch vom Pole her. — Parry fand zwar gerade nördlich von Spitzbergen, 81° bis 82° 44′ N, 20° O, dass, je weiter er nordwärts kam, um so mehr das Eis zerbrochen und schwächer wurde, dass die erwartete ungetrennte feste Eisdecke nicht kam, aber auch, dass die Eisschollen (ohne Eisberge) unablässig südwärts zogen, obgleich der Wind vorwiegend von Süden wehte. — Clavering's Befunde an der Nordostküste Grönlands, 75° 12′ N, bezeugen wenigstens, dass dort keine starke Meeresströmung sei, woraus als wahrscheinlich hervorgeht, dass die polarische Gränze des hier schon nach Südsüdwest hin gerichteten Stroms sich andeutet, aber auch, dass dort eine von Norden kom-

*) Dieser erfahrenste Kenner dieses Theiles des Polarmeeres, nach 17 Fahrten auf der Walfischjagd, hatte nämlich die Vorstellung, am Pole befinde sich, wenn auch weites Meer, doch dies mit einer festen Eisdecke bedeckt, welche nur mit Schlitten zu befahren sei. Er kannte damals noch nicht die gürtelförmige Gestalt des Packeises, deren Kenntniss Parry auf seiner denkwürdigen Fussreise auf dem Eise 1827 der Welt von 82° 44′ N zurückgebracht hat, ohne dass diese Belehrung sogleich genügend verstanden wurde und auch jetzt schon wäre; letzterer hatte den Gürtel überschritten und verfehlte doch seinen Zweck, aber nicht weil Eis, sondern der Mangel an Eis ihn hinderte, weil er offenes Meer erreicht hatte, aber nun ohne Schiff war.

mende Strömung doch nicht ganz fehlt. — Dazu kommen noch die Aussagen von Walfisch-Jägern, nördlich von 78° N, bestätigend, dass nördlich über Grönland offenes Meer gefunden sei, Nordwestwind öffne dort das Eis, übrigens seien Winde, Strömungen und Eis sehr variabel, weiter im Norden fehle das Treibholz und (wie auch Scoresby angab) ein Theil des von Ost nach West hinziehenden Eises komme vom Pole her.

Demnach können wir nur angeben, es fehle nicht an Anzeichen für eine hier von Norden herkommende Strömung, so wenig man auch bis jetzt, um sie unmittelbar kennen zu lernen, nördlich genug gelangt ist. Mehr kann man nicht darüber sagen; jedenfalls muss der queer über die Apertur des Polarbeckens in einer aufsteigenden Kurve über Spitzbergen fliessende Polarstrom sie zunächst aufnehmen und der Wahrnehmung von unserem südlichen Standpunkt aus verbergen. Aber dies Vorhandensein von Anzeichen spricht an sich wieder neben so vielen anderen für Oceanität oder für eine gewisse Landlosigkeit im Inneren des Beckens, was nicht hindert, dass dort noch existirende Inseln und Felsen anzunehmen sind, worauf dorther kommende Eisstücke (jedoch ohne Eisberge) und dorthin ziehende Vögel deuten.

Zu erwähnen ist noch der Bering's-Strasse. Ein Auslass und ein Einlass müssen auch hier Statt haben, aber nur in einem sehr kleinen Maasse, weil die Strasse nicht nur schmal, sondern auch so wenig tief ist, kaum 300 Fuss. Die Aussagen der Seefahrer stimmen überein, dass die Küste Amerika's weit milder und grüner mit Buschwerk bestanden sei als die Küste Asiens; wieder bewährt sich die Voraussetzung, eine ausfliessende Polarströmung führt, nach rechts drängend, Kälte und Eisschollen an die Ostküste der Tschuktschen und Kamtschadalen, und eine einfliessende Anti-Polarströmung führt wärmere Temperatur an die Westküste der Amerikanischen Eskimos.

§ 8

Hiermit beschliessen wir unseren Versuch, die Anordnung der Meeresströme im Polarbecken der Nord-Hemisphäre nach dem bis jetzt vorhandenen Thatsachenbestand zu verstehen

und ein Bild davon aufzustellen. Dass ein bis zu einem gewissen Grade befriedigendes, Sinn und Verstand enthaltendes Zusammenstimmen der Thatsachen sich ergeben hat, kann unmöglich verkannt werden; von einem System derselben zu sprechen, muss schon erlaubt erscheinen. Auch die Vermuthung, dass im Norden von Spitzbergen nicht eine feste Eisdecke nach dem Pole hin sich ausdehnt, sondern zuvor nur ein Gürtel von Packeis, aber freilich mit sehr grossen Eisfeldern und etwa zwei Breitegrade einnehmend, zu durchbrechen wäre, um dann in ein weites und auch offenes Meer zu gelangen, hat aus obiger Composition der Thatsachen noch mehr Berechtigung erhalten als sie früher schon besass *).

Uebrigens wurde hier nicht etwa beabsichtigt, wie der Leser wohl erkannt haben wird, auf ein Unternehmen antreibend hinzuwirken, das den Zweck verfolgte, zu Schiff den Pol zu erreichen, weder direkt noch indirekt; das ist Sache der technischen Nautik; mit Recht kann gesagt werden, Aufforderungen solcher Art zu stellen, sei eben so leicht für die schwierigsten wie für die leichtesten Unternehmungen. Der denkende Mensch muss in seiner Forschung schliesslich stehen bleiben, nicht nur wo ihm subjektive, sondern auch wo ihm von der Natur selbst objektive, allgemein gültige Schranken entgegengestellt sind, jenseits welcher ihm Nichts übrig bleibt als, wie unser grosser Dichter es ausgesprochen hat, „das Unerforschliche ruhig zu verehren“. Aber unser gewonnener hydrographischer Ueberblick kann nicht ohne Nutzen sein auch für die praktische Seefahrt, sei es unmittelbar für die Walfisch-Jäger, sei es mittelbar und zunächst für die allgemeine Theorie. Diese letztere war unser eigentliches Ziel, genauer gesagt, das allgemeine geographische oder das tellu-

*) Die Beweise für am Pole befindliche Oceanität und demnach dortige mildere Winter-Temperatur sollen hier nicht wiederholt werden. Nur ein früher noch nicht erwähntes Argument mag hier angegeben werden. In Nord-Sibirien, an der Mündung der Lena, im Distrikt Schigansk, 65° bis 73° N, giebt es unter den Zugvögeln, welche zu Anfang des Winters in ein wärmeres Klima ziehen, ausser denjenigen, welche nach Süden ziehen, einige verschiedene, welche nach Norden über das Meer ziehen. Das spricht für dort liegende Inseln. (S. auch Note 2.)

rische System der oceanischen Strömungen zu vervollständigen.

Als Hauptergebnisse unserer Untersuchungen sind hervorzuheben: Als egressive Strömung zieht ein Strom von Osten und ein anderer von Westen her längs dem Umkreise des Circumpolar-Beckens, wo im Winter ein Saum von continentalem Eise sich bildet, und sie flössen dies Küsteneis im Sommer ab nach der Apertur hin; so entsteht ein fliessender Eisgürtel von etwa 20 bis 30 geogr. Meilen Breite, in diesem wird der Walfischfang betrieben; Scoresby hat dessen nördlichen Rand nie erreicht (bis 81° 30′ N), Parry hat ihn erreicht und überschritten (82° 44′ N) *); — die ingressive Strömung (der Golfstrom) zeigt eine Breite von der Südwestküste Grönlands bis zur Nordküste Norwegen's; — beide polarische Ströme sehen wir untertauchen, den östlichen an der Südostküste Grönlands, den westlichen an der Ostseite Neu-Fundlands, unter den Golfstrom als den antipolarischen, wo die Temperaturen sich verhalten etwa wie 0° zu 7° und zu 10° R; — die antipolarischen Ströme (des Golfstroms) sehen wir vier Mal untertauchen, an der Westseite Nowaja-Semlja's, Spitzbergen's, Islands und auch Süd-Grönlands, wo deren Temperaturen sich verhalten etwa wie 3° zu 0° R; — dass auch längs der Mittellinie des Beckens eine Strömung der Apertur des Beckens zuzieht, ist durch die Thatsachen angedeutet.

---

*) Da wir den Eisgürtel annehmen müssen als 30 g. Meilen breit (120 Seemeilen), so darf nicht wohl erwartet werden, dass oberhalb der Nordküste von Spitzbergen dessen nördlicher Rand schon südlich von 82° N erreicht werden könne. Im Jahre 1868 gelangte das schwedische Schiff, geführt von Otter, bis 81° 42′, das deutsche Schiff, geführt von Koldewey, bis 81° 5′ N, beide immer noch in dichten Eisfeldern, im September (19. und 13.), gerade im Norden von Spitzbergen, bei 17½° und 16° 39′ O. Vielleicht gewährt nur eine nordwärts streichende Küste einem sie entlang steuernden Schiffe die Möglichkeit, den Eisgürtel zu durchbrechen, wie sie neben anderen, aus den hydrographischen Verhältnissen hervorgehenden Vortheilen Grönland an seiner Nordost-Seite zu bieten scheint.

Note 1.

Ueber die Identität des thermischen Dichte-Maximum im Meerwasser und im süssen Wasser, auch experimental erwiesen.

Leider besteht noch immer jener unvereinbare Widerspruch in den Erfahrungen hochgeachteter Experimental-Physiker und ebenso hochgeachteter nautischer Hydrographen in Bezug auf die wichtige Frage, ob das Meerwasser seine grösste Dichte und also auch Schwere bei demselben Temperatur-Grade erfahre wie das Süsswasser, nämlich bei einigen Graden über dem Frierpunkte des letzteren, oder aber sehr verschieden davon bei einigen Graden unter 0°, bestimmter gesagt ob bei 4° C oder aber bei —4° C.

Das Ergebniss der Untersuchungen von Seefahrern ersten Ranges über die senkrechte Vertheilung der Temperatur im Ocean ist dies, dass das Meerwasser (obgleich es freilich gefriert erst bei —2° C) die grösste Dichte erfährt und bewahrt gleich, oder doch nahe gleich, wie das salzlose Wasser, nämlich nahe bei 4° C (3°.2 R = 39°.2 F). Dies Gesetz hat sich kundgegeben bei der submarinen Thermometrie in beiden Polarmeeren, und auch sonderlich bei unseren Untersuchungen über die vertikale Anordnung der dort sich begegnenden polarischen und antipolarischen Meeresströme, welche Anordnung nach der verschiedenen Schwere erfolgen muss; ausserdem ergiebt es sich in dem ganzen Systeme der oceanischen Temperatur-Vertheilung, welches in der Tiefe eine allgemeine permanente homothermische Grundschicht erkennen lässt von nahe bei 4° C, vorbehalten einige Aenderung durch den zunehmenden Druck, also wie auch in den Binnenseen von gewisser hinreireichender Tiefe bekannt ist. Und demgemäss findet sich in den beiden Polarmeeren, wo das Meerwasser auf der Oberfläche eine geringere Temperatur hat als 4° C, und sogar ohne zu erstarren eine Abkaltung erfahren kann bis —2°.2 C, nach unten hin eine Zunahme der Temperatur, freilich am deutlichsten, oder nur deutlich, im Winter, weil im Sommer das wärmere salzlose und folglich auch leichtere Schmelzwasser von 0 oder mehr Grad oben sich erhält und so störend einwirkend eine Abnahme nach unten hin darstellen kann.

Wer mit den bathothermischen Untersuchungen sich bekannt gemacht und auch eine übersichtliche Vergleichung derselben angestellt hat, kann nicht zweifeln an der allgemeinen Richtigkeit jener Befunde (und gewiss kann man sie auch Experimente in der grossen freien Natur nennen). Unter denen, welche solche Experimente angestellt haben, befinden sich eben die grössten Seefahrer, welche zugleich grosse Geo-Physiker genannt werden können, namentlich Scoresby, Beechey, James Ross, d'Urville und in neuester Zeit M'Clintock, und welche meistens von Gelehrten begleitet waren. Es scheint nicht überflüssig, hier noch einmal zu wiederholen, was Ersterer darüber als Ergebniss ausgesprochen hat, sich stützend auf eigne Erfahrungen während im Sommer ausgeführter 17 Polarfahrten im Meere zwischen Spitzbergen und Grönland, in seinem für immer classischen Werke Account of the arctic regions, Edinb. 1820, p. 120: „Ich bin der Meinung, dass wir berechtigt sind, anzunehmen, Meerwasser folge denselben Gesetzen wie süsses Wasser in Hinsicht auf das Eintreten der grössten Dichte, welche bei wenigen Graden über dem Frierpunkte eintritt.“ Und James Ross hat vor Allen durch grossartige und sehr zahlreiche bathothermische Lothungen in den höheren Breiten des süd-hemisphärischen Ocean's, wiederholt auf drei sommerlichen Polarfahrten, bis 78° S, dies Gesetz festgestellt. Andeutungen gleichartiger Befunde in jenen Zonen erhielt auch schon der Begleiter J. Cook's, Reinhold Forster (Observ. during a voyage round the world on physical geography, 1778, p. 60), das Gesetz findet sich auch anerkannt in J. Herschel's Meteorology (1861, § 37), und vielleicht überhaupt von der englischen oceanischen Hydrographie.

Dennoch stehen immer noch die Experimente, welche Physiker ersten Ranges in ihrem Cabinet mit Sorgfalt und Genauigkeit wiederholt angestellt haben, jenen Erfahrungen in der grossen und freien Natur selbst gegenüber, Einsprache thuend, gleichsam wie die Hüter des Gesetzes. Danach ist das Dichte-Maximum des Meerwassers gefunden als eintretend erst bei einer weit tieferen Erniedrigung der Temperatur, bei —3°.6 bis —5°.5 C *). Folglich ist dabei das Meerwasser

---

*) Gefunden sind auf dem Wege des Experiments von Erman,

bis zu solchem Kältegrade auch im flüssigen Aggregatzustande geblieben, was schon Bedenken gegen die Richtigkeit des Experiments erregen musste. Die Lehrbücher der Physik aber folgen sämmtlich diesen Bestimmungen. — Ein solcher Widerspruch wirkt sehr störend und hemmend auf das Verständniss des ganzen System's der Meeresströmungen und der oceanischen Temperatur-Verhältnisse überhaupt, und muss gehoben werden durch Entscheidung der Frage. Nur auf einer Seite kann hier die Wahrheit stehen, und zunächst tritt die Vermuthung auf, die reine Experimental-Physik habe hierbei nicht die Bedingungen erfüllt, welche in der freien Natur im Grossen sich vorfinden, die Experimente seien angestellt von der Cabinets-Physik — man gestatte einmal diesen Ausdruck — in einer Weise, welcher die Geo-Physik selbst nicht zustimmen kann. Dies ergiebt sich aus folgender näheren Erwägung.

Wenn im freien Ocean das Meerwasser, d. i. Wasser mit 3.5 proc. Salzgehalt (fast ausschliesslich Chlor-Natrium), sich abkühlend auf der Oberfläche durch Ausstrahlung, dem Temperatur-Grade des Frierpunkts sich nähert, dann beginnt nicht nur eine allmälige Ausdehnung des Wasser, sondern auch beginnt eine Ausscheidung des darin aufgelös't enthaltenen Salzes, in die wärmer gebliebene Schicht, also nach unten hin (wahrscheinlich aus keinem andern Grunde als wie auch manche andere fremdartige Beimischungen des Wassers vor dem Gefrieren ausgeschieden werden, so dass das Meereis bekanntlich salzlos und trinkbar und überhaupt fast jedes Eis im Innern klar ist). Vielleicht ist es auch nur Wirkung dieses Processes der Ausscheidung des Salzes, dass der Frierpunkt etwas tiefer liegt als im süssen Wasser (bei —2°.2 C anstatt bei 0°). Wenn aber bei den Experimenten Meerwasser in eine Thermometer-Röhre gegeben wird, diese der Erkaltung ausgesetzt und dann nachgesehen wird, bei welchem Temperatur-Grade das Wasser den niedrigsten Stand erreicht, so wird das Salz gehindert sich auszuscheiden, weil das Wasser

---

Despretz, Marcet, Horner, C. von Neumann, Rossetti, als jene Werthe bez.: —3°.6, —3°.7, —5°.2, —5°.5, —4°.7, —3°.9, also im Mittel —4°.4 C.

in dem kleinen und engen Gefässe gleichzeitig und in seinem ganzen Umfange erkaltet; daher wird der Process ein unnatürlicher, künstlicher; daher ereignet es sich, dass das Salzwasser auch flüssig bleibt bis — 4° C *), und dass dann das so entstandene Eis salzhaltig ist, also ein völlig unnatürliches Produkt dargestellt ist. — Aehnliches gilt von einem anderen Verfahren, nämlich wenn in einer Schale mit Meerwasser gefüllt die Dichte dieses gemessen wird mittels des Aräometers; denn dann hat man vor sich ebenfalls ein oben und unten gleichzeitig und gleichmässig erkaltendes Salzwasser, während dagegen im freien Meere es allein die Oberfläche ist, welche zunächst erkaltet und gefriert.

Wenn es überhaupt nicht möglich wäre, durch die der Experimental-Physik zu Gebote stehenden kleinen Mittel die in der grossen Natur bestehenden Bedingungen nachzuahmen, so lässt sich die Frage von der Temperatur des Dichte-Maximum des Meerwassers auch wohl entscheiden in grossen Salz-Seen des Binnenlandes, wie diese so zahlreich sich vorfinden auf dem breiten Subtropen-Gürtel rings um die Erde, zu dessen Charakteren sie gehören, weil dort bekanntlich während der langen sommerlichen Regenlosigkeit manche Flüsse versiechen oder auch endigen in Seen ohne Ausfluss, in welchen das verdunstende Wasser sein Salz zurücklässt. Voraussichtlich werden diese salzigen Binnen-Seen dieselbe vertikale Ordnung ihrer Temperatur-Schichten zeigen wie sie in den Seen des Alpen-Gebirges von gewisser hinreichender Tiefe bekannt geworden ist, nämlich die unterste Schicht niemals kälter als 4° C, weil dies das dichteste Wasser ist, so dass auf der Oberfläche im Sommer weit wärmeres, im Winter aber (wie im Polarmeere) etwas kälteres Wasser sich befindet, als jener Temperaturgrad.

Indessen vielleicht lässt die Frage dennoch auch durch ein einfaches Experiment sich entscheiden, was die natürlichen Verhältnisse treuer wiederholt als die früher ange-

*) Die dann bis dahin erfolgende Zunahme der Verdichtung soll nicht geleugnet werden, aber sie ereignet sich unter abnormen Umständen; vielleicht hindert oder doch verzögert das aufgelös'te Salz die Anordnung der Molekule des Wassers, wie sie vor der frostigen Krystallisation mit Raumzunahme erfolgen muss.

stellten und was doch noch nicht ausgeführt zu sein scheint, in folgender Weise: Wenn ein weiter Glas-Cylinder gefüllt wird mit destillirtem Wasser, dies temperirt wird auf 4° C, dann die obere Schicht erkältet wird mittels Eisstücke auf 0°, so muss am Boden ein dort versenktes Thermometer bleibend zeigen die Temperatur des Dichte-Maximum, nämlich 4° C. Wenn dann Kochsalz zugesetzt wird zu 3.5 proc., oder wenn dasselbe Experiment wiederholt wird in 3.5 proc. Kochsalz enthaltendem Wasser, so müsste das Verhalten der vertikalen Temperatur-Vertheilung entweder ungeändert dasselbe bleiben, oder im Gegentheil es müsste sich ändern, und zwar geradezu sich umkehren, nämlich das in der obersten Schicht erkaltete Wasser von 0° würde zu Boden sinken, als das schwerer gewordene, und das dort befindliche wärmere von 4° C würde aufsteigen.

Ich habe das Experiment auf beide Weisen angestellt und gefunden, dass dabei wirklich das Salzwasser genau sich verhielt wie das süsse Wasser. In einem graduirten Cylinder-Gefässe, gefüllt mit 1/2 Kilogramm = 500 Cubik-Centimeter destillirten Wasser, was der Erkaltung ausgesetzt wurde, ergab sich am Grunde bleibend die Temperatur von 4° C, während und obgleich oben Eisstücke schwammen und die Temperatur der obersten Schicht 0° war. Nachdem 3.5 proc. (18 Gramm) Kochsalz zugesetzt waren, erhielt sich das Verhalten, zeigte sich in der vertikalen Temperatur-Vertheilung keine Aenderung; und dasselbe Ergebniss stellte sich dar wenn ein schon vorher mit Kochsalz versehenes Wasser auf gleiche Weise der Erkaltung ausgesetzt wurde. So bestand ein Bild im Kleinen des von uns angenommenen hydrothermischen vertikalen Verhaltens im Polar-Becken des Weltmeers, oben schwammen Eisstücke und nach unten hin war die Temperatur zunehmend, bis nahe zu 4° C *).

*) Man kann gegen das Experiment noch einige Einwendungen machen. Man kann sagen: zwar habe das obere bis 0° erkaltete Salzwasser im Cylinder untersinken müssen, wenn es bei jener Temperatur wirklich schwerer sei als bei 4° C, und dies habe dann sich erweisen müssen an dem am Grunde befindlichen Thermometer; freilich sei dies nicht geschehen, indessen in diesem Falle hätten die oben schwimmenden Eisstücke zugleich Schmelzwasser geliefert und damit leichteres,

Wir sind demzufolge der Meinung, dass kein Gesetz besteht welches uns hindert, die Erscheinungen der Natur im

---

weil salzloses Wasser. — Hierauf ist zu antworten, dass nicht versäumt ist, die Eisstücke zu entfernen und das Wasser zu mischen durch Umrühren, und dass dennoch die Temperatur am Grunde keine bleibende Erniedrigung erfuhr. Freilich noch correkter würde der Versuch werden, wenn die Erkaltung der oberen Schicht des Salzwassers bewirkt würde nur von aussen, mittels eines äusseren Eiskranzes; dann würde das Wasser von 0° nicht oben sich halten können, falls es wirklich schwerer wäre als das um einige Grade wärmere, d. h. falls der vermeinte Unterschied des thermischen Dichte-Maximum im Salzwasser wirklich bestände, der ja 8° betragen würde. Uebrigens ist zu bedenken, es bleibt der Unterschied der Dichte und Schwere der Gewässer auch bei den vorkommenden extremen Temperatur-Graden des Ocean's, und also auch der kalten und der warmen Meeresströme, immer nur sehr gering, abgesehen von dem gefrorenen Zustande; dies hat man bei den Untersuchungen wohl zu beachten (die Ausdehnung des Wassers im Dichte-Maximum bei 4° C verhält sich zu der bei 30° C, ja nur wie 1000 zu 1005, und doch sind dies die im Meere vorkommenden Extreme). — Es war vorauszusetzen, dass der Gedanke, das thermische Dichte-Maximum des Wassers experimental in der oben angewendeten Methode zu bestimmen, nicht ganz neu sei, nämlich anstatt in einer engen Thermometerröhre in einem weiteren und freieren Raume. Ich habe nachher gefunden, dass schon Thomas C. Hope eine ähnliche Methode gewählt und ausgeführt hat, deren Ergebnisse auch als beweisend Anerkennung erfahren haben; aber freilich betraf dies nur *süsses* Wasser. (S. Experiments on the contraction of water by heat, in Edinb. Transactions r. Soc. Vol. V, 1805, p. 379). Hope hat mit einigen Aenderungen fünf sehr schöne Experimente angestellt; mit Sicherheit trat dabei das Gesetz vor Augen (das Dichte-Maximum zwischen 39°.5 und 40° F), so dass namentlich auch Dalton, der damals es noch bezweifelte, dadurch überzeugt wurde (s. auch James D. Forbes, A review of the progress of mathem. and physic. Science in more recent times, Edinb. 1858, p. 143). — Nun aber muss man sich wundern, dass Hope's Verdienst sowenig erwähnt wird, und noch mehr, dass später, zur Entscheidung der anderen Frage, ob das Verhalten im Meerwasser dasselbe bleibt, seine Versuche nicht wiederholt sind auch in *salzigem* Wasser, wozu sie so sehr geeignet sind. Man kann zur Zeit vielleicht kaum eine würdigere Aufgabe, die zugleich einfach und naturgetreu, leicht ausführbar und anschaulich lehrreich ist, für ein physikalisches Cabinet empfehlen, als die Darstellung des besprochenen Experiments, die vertikale Ordnung der Temperatur-Schichten in 3.5 proc. Salz haltendem Wasser, und die Wiederholung der fünf Hope'schen Experimente auch in Salzwasser.

Grossen anzunehmen, nämlich die Vorstellung zu bilden und anzuwenden, zum grossen Vortheil des Verständnisses auch des Systems der Meeresströmungen, das Meer zeige dieselbe vertikale Temperatur-Vertheilung wie die Landseen, das Eintreten der grössten Dichte erfolge bei einigen Graden über dem Frierpunkte des destillirten Wassers, und das Polarmeer zeige daher die vertikale Temperatur-Vertheilung wie sie in den Landseen des mittleren Europa im Winter sich vorfindet.

Note 2.

Ueber die auch in der geographischen Temperatur-Vertheilung rings um das Circumpolar-Becken enthaltenen Beweise für dessen überwiegende Oceanität.

Selbst diejenigen Leser, welche aus den oben dargelegten hydrographischen Verhältnissen anerkennen, dass ein weites Circumpolar-Becken mit überwiegend oceanischem Inhalte bestehen müsse, weil der grosse Austausch der einfliessenden und in gleichem Maasse ausfliessenden Gewässer unabweisbar dafür spreche, müssen doch verlangen, dass auch die nothwendig daraus sich ergebenden meteorologischen Verhältnisse noch nachgewiesen werden, wo möglich im ganzen Umkreise des Gebiets, wenigstens soweit sie längs der Nordküste des umgebenden Continents sich äussern und schon bekannt sind. Solche Beweise sollen hier kurz angedeutet werden.

Unzweifelhaft müsste die nach den höheren Breiten hin erfolgende Abnahme der Temperatur sich fortsetzen nach dem Pole hin, wenn dahin die Continentalität sich fortsetzt, zumal aber im Winter; dagegen müsste jene Abnahme Halt machen an den Küsten im Falle des Bestehens eines den Pol umgebenden oceanischen Gebiets, jedoch nur im Winter, und sogar könnte in diesem Falle die Abnahme sich umkehren in eine Zunahme der winterlichen Temperatur nach dem

Pole hin. Um dies zu erproben sind hier im Umkreise des Polarbeckens zwei Reihen von Orten unter einander gestellt, eine nördlichere und eine etwa 6 Breitegrade südlichere, und deren mittlere Temperaturen sowohl des Jahrs wie des Winters angegeben; und diese erweisen so wirklich anschaulich ebenfalls die Oceanität, nämlich mildere Winter in der nördlichen Reihe *).

Nördliche Reihe

	Point Barrow 71°N,150°W	Rensselaer H. 78°N,70°W	Mageroë 71°N,26°O	Archangel 64°N,46°O	Ustjansk 70°N,138°O	N. Kolymsk 68°N,160°O
Winter	—22°.3	—27°.3	—3°.7	—9°.8	—30°.2	—26°.2
Jahr	—11°.0R	—15°.4	0°.0	0°.6	—12°.9	—11°.7 R

Südliche Reihe

	Yukon 66°N,147°W	Melville J. 74°N,110°W	Torneo 65°N,24°O	N. Tagilsk 57°N,59°O	Jakuzk 62°N,129°O
Winter	—24°.8	—28°.6	—11°.4	—12 .1	—30°.5 R
Jahr	— 6°.7	—14°.2	— 0°.4	— 2°.2	— 8°.7

Hier ersieht sich deutlich und übereinstimmend, dass nur die mittlere Temperatur des ganzen Jahrs abnehmend sich verhält nach dem Pole hin, dass dagegen die des Winters zunehmend dahin sich erweis't, längs der Nordküste eine höhere bleibt als auf den wenig südlicheren Parallellinien, dass also im südlicheren Innern die Oberfläche stärker erkaltet. Und dafür giebt es keine andere Erklärung als dass nördlich von der Küste die Continentalität aufhört und Oceanität herrschend ist. — Damit stimmt überein die Eigenschaft der Winde; längs der Nordküste der alten Welt sind die von Norden kommenden Winde im Winter feuchter und milder als die südlichen, und auch im polarischen Archipelagus der neuen Welt sind die nördlichen Winde weniger kalt als die Calmen und zeigen keine Trockenheit.

Eine andere meteorologische Probe ist die Vergleichung der Amplitude der extremen Jahrszeiten, also der Excessivität des Klima's, welche nach dem Pole hin zunehmend grösser sein müsste, wenn dahin die Continentalität

---

*) Damit wird auch einem früheren Aufsatze Vervollständigung gegeben, s. Supplement z. Klimatogr. Uebersicht der Erde, Append. 1865, p. 224: „Zur Vertheidigung der Oceanität am Nordpole."

sich fortsetzt, im anderen Falle aber sich gleich bleiben oder schmaler werden müsste. Das Ergebniss ist auch hier ein Erweis für die Oceanität der nördlichsten Standorte, indem dort in Vergleichung mit bis um 10 Breitegrade südlicher gelegenen Orten, in Amerika wie in Asien, jene Amplitude eher geringer als grösser sich erweis't. Folgende Angaben über die Amplitude der extremen Monate mögen hier vorgelegt werden.

In Amerika. Nördliche Orte, zwischen 78° und 70° N.

Rensself. Haf, Port Foulke, Northumberland S., Disaster B., Melville J., Mercy B., Assistance B., Port Bowen, P. Kennedy, P. Barrow, Boothia.

Südliche Orte, zwischen 66° und 60° N.

Yukon, F. Franklin, F. Simpson, F. Confidence, F. Churchill.

Die Amplituden der extremen Monate an jenen Orten ordnen sich wie folgt:

		Mittel
nördl. Orte:	33°.0, 30°.8, 33.6, 34.7, 35.6, 32.1, 30.0, 29.0, 33.8, 27.0, 32,5	32°.0
südl. Orte:	41°.1, 33.0, 33.8, 35.4, 34.6	35°.5

In Europa — Asien. Nördliche Orte, zwischen 73° bis 69° N,

Matoschkin Schar, Karische Pforte, Ustjansk, N. Kolymsk.

Südliche Orte, zwischen 65° und 51° N.

Torneo, Archangel, N. Talinsk, Jakuzk, Nertschinsk.

Die Amplituden der extremen Monate sind bez.

		Mittel
nördl. O.:	21°.6, 11°.4, 43.5, 38.1	28°.6
südl. O.:	25°.7, 24.1, 30.7, 50.7, 39.1	34°.0 R

Auch dieser Beweis ist demnach deutlich und unfehlsam vorhanden. — Nicht wohl können klimatologische Belege in der Pflanzenwelt erwartet werden, weil ja, wie ausdrücklich hervorgehoben ist, nur für die Winter eine mildere Temperatur im Circumpolar-Becken sich zu erkennen giebt. Aber im Thierleben finden sich, wie schon gesagt, besondere Beweise dafür. In Nord-Sibirien, an der Mündung der Lena, im Distrikt Schigansk, 65° bis 73° N, giebt es unter den Zugvögeln, welche zu Anfange des Winters ein wärmeres Klima aufsuchen, einige besonderer Art, welche dann nordwärts in das Polarmeer

hinaus ziehen, und auch dadurch sich auszeichnen, dass sie am Ende des Winters früher zurückkehren als die übrigen. Dies spricht unstreitig für dortige in einem weiten Meere befindliche Inseln. Das eben Angegebene ist nach einem mehrjährigen Aufenthalte von einem glaubwürdigen Beobachter berichtet (s. Chitrov, „Der Distrikt Schigansk am nördlichen Eismeer", in Petermann's Geogr. Mittheil. 1857).

Schliesslich sei noch erwähnt, dass ja auch das ganze tellurische System der Meteoration, in welchem auf der Nord-Hemisphäre im Winter zwei Kältepole, zugleich Wind- und Barometer-Pole, sich darstellen, damit schon zwischen beiden ein den Pol umgebendes wärmeres Gebiet angiebt. Und selbst die mathematische Theorie der Insolation der Erdkugel hat in neuester Zeit unseren Befunden und Annahmen eine besondere Unterstützung zugeführt. Plana hat als Ergebniss einer seiner letzten Berechnungen gefunden, dass auf der Erdkugel von dem Polarkreise nach dem Pole hin eine Zunahme der Einstrahlung Statt habe; dies ist am Schluss seiner Abhandlung sogar mit weiter Folgerung in folgenden Worten ausgesprochen (s. Mém. sur la loi du refroidissement des corps sphériques et sur l'expression de la chaleur solaire dans les latitudes circonpolaires de la terre", in Mem. della r. academia di Torino 1864, XXIII, p. 1—81, auch in Compt. r. Paris LVIII, p. 181): „Dies so in unbestreitbarer Weise erwiesene Ergebniss genügt, um sehr wahrscheinlich zu machen, dass das Meer was den Nord-Pol bespült, frei von Eis sein muss während mehrer Monate des Jahrs". Dem ist freilich hinzuzufügen, dass jedenfalls im ganzen Umfange längs den Küsten der Continente ein Eisgürtel schwimmt, der etwa 2 Breitegrade einnimmt *).

*) Unzweifelhaft ist in obigen Darlegungen der hydrographischen und meteorologischen Verhältnisse im Umkreise des Circumpolar-Beckens auch eine Rechtfertigung enthalten für fernere Versuche, auf nautischem Wege weiter in diesem Central-Gebiete des physikalischen Systems der Erdkugel vorzudringen, wie sie eben jetzt in der Ausführung begriffen sind; wir meinen die zweite deutsche Polarfahrt, welche zunächst die Nordostküste Grönlands, mit einer Ueberwinterung dort oder auf Spitzbergen, dazu sich ausersehen hat.

Capitel III.

Ueber den Ursprung der Temperatur des Oceans, ob tellurisch oder solarisch.

Inhalt. Die Insolations-Schicht der Erdkugel. — Die Temperatur-Verhältnisse in den Landseen, — im Ocean.

Es ist eine noch wenig behandelte und noch weniger schon entschiedene Frage, woher die Temperatur des Weltmeers stammt, ob sie diesem mitgetheilt wird von der eigenen inneren Wärme der Erdkugel, also von unten, vom Grunde und den Wandungen des Meerbeckens her, oder aber ob sie dem Meerwasser zugeführt wird durch die Sonnenstrahlung, also von der Oberfläche her, und dann abwärts verbreitet wird, wie dies bei den Land- oder Binnenseen erwiesen ist, also ob sie tellurischen oder aber solarischen Ursprungs ist.

Dies soll hier in Untersuchung gezogen werden, wozu der vorhandene Bestand ermittelter Thatsachen im Allgemeinen schon die Berechtigung giebt, weil diese bei Anwendung einer richtigen Theorie unter einander harmoniren, obgleich im einzelnen sie der Vervollständigung noch sehr bedürfen. Im voraus ist als das Ergebniss zu bezeichnen, dass aus deren übersichtlicher Betrachtung und Erwägung für uns entschieden der solarische Ursprung der oceanischen Temperatur hervorgeht, wie er auch, zwar in kleinerem Massstabe und mit einigen Aenderungen, aber in völlig homologer Weise sich ergiebt und schon anerkannt ist in den Landseen. Die Beweise hierfür werden hinreichend in dem Verhalten selbst gefunden werden, wenn es uns gelingen wird dies in klarer übersichtlicher Weise darzulegen. Zu diesem Zwecke soll hier: 1) kurz

gedacht werden des Unterschiedes der obersten Temperatur-Schicht, d. i. der Insolations-Schicht, von der innern eigenen Temperatur der Erdkugel, 2) dann in Erinnerung gebracht werden das Verhalten der Temperatur in den Landseen, und endlich 3) die allgemeine Uebereinstimmung der Temperatur des Oceans damit in den Grundzügen nachgewiesen werden.

Was die frühere Behandlung unserer Frage betrifft, so ist sie bisher zwar nicht völlig unberücksichtigt geblieben *), aber bis in die neueste Zeit hat ein besonderes Hinderniss dem Verständniss entgegengewirkt, dies war jene eben im Kreise der wissenschaftlichen Physik allgemein gehegte irrige Vorstellung, betreffend den Temperatur-Grad, bei welchem das Meerwasser seine grösste Dichte und Schwere erfährt, indem man in dieser Hinsicht, verleitet durch ungenügende Experimente (in der That man erhält dabei salziges Eis, ein ganz unnatürliches Produkt), einen grossen Unterschied annahm zwischen dem salzigen Meerwasser und dem süssen Wasser, und die Meinung festhielt, selbst gegen die Erfahrungen grosser Nautiker, jenes erreiche sein Dichtigkeits-Maximum (und auch seine Eisbildung) erst bei einigen Graden unter dem Frostpunkte des letzteren (etwa bei —4° 0 C), während das richtige Gesetz ist, dass beide am dichtesten und schwersten werden etwa bei 4° C, und das süsse Wasser, wie bekannt, bei 0°, das salzige Meerwasser aber (weil es zuvor das Salz ausscheiden muss) erst bei —2° 2 C gefriert **). Mit jener irrigen Vorstellung konnte man immer für möglich halten, dass am Grunde des Oceans eine Kälte von —3° bis —4° C gefunden werde, und dass wenn dies nicht geschieht, es verhindert werde durch die eigene Wärme der Erdkugel, und dass daher auch umgekehrt dort sehr grosse Wärme vorkommen könne.

---

*) Namentlich findet sich auch in G. Bischofs „die Wärmelehre des Innern unseres Erdkörpers" 1837, Cap. 11, dieser Gegenstand in Untersuchung gezogen; indess da der berühmte Geo-Chemiker dabei nur den besonderen Gesichtspunkt verfolgte, nachzuweisen, die allgemeine Zunahme der Wärme nach der Tiefe des Erdkörpers hin habe kein Gegenzeugniss in der Abnahme der Wärme in gleicher Richtung im Wasser der Landseen und des Meers, so betonte er dabei die Einwirkung der tellurischen Wärme auf die oceanische Temperatur.

**) S. die Note 1 zu II. „Ueber die Identität des thermischen Dichte-Maximum im Meerwasser und im süssen Wasser."

§ 1.

Wie man den früheren und den gegenwärtigen Zustand des Innern der Erde sich denken mag, als glühend flüssig oder als fest, solche Hypothesen liegen ausserhalb der Gränzen unseres Untersuchungs-Gebiets und berühren unsere Frage gar nicht, denn so tief dringen wir nicht in das Erd-Innere, wir bleiben im Gebiete sicherer Thatsachen. Eine solche ist, dass in Hinsicht auf die Temperatur der Erdkugel zunächst auf deren Oberfläche eine oberste Schicht besteht, welche abhängig ist von der Sonnenstrahlung, indem diese mit ihrer täglichen und jährlichen Schwankung bis in eine gewisse, freilich sehr geringe Tiefe des Erdbodens einwirkt, das ist die Insolations-Schicht (oder die terrestrische Temperatur-Schicht). In dieser Schicht äussert sich das rhythmisch erfolgende Aufnehmen und Ausgeben der Sonnenwärme mit einem so langsamen Fortrücken in senkrechter Richtung, dass in der Tiefe dieser Schicht die Sonnenwärme erst im Winter sich einfindet, und umgekehrt die Winterkälte erst im Sommer, und dass auf solche Weise im Körper dieser Schicht die Temperatur im Sommer sogar nach unten hin als abnehmend sich erweis't, d. h. kühler als die mittlere Temperatur der ganzen Schicht, im Winter aber umgekehrt. Die Amplitude der jährlichen Fluctuation wird freilich nach unten hin zunehmend schmäler, bis sie ganz aufhört, und ausserdem übergeht in constante Zunahme der Wärme nach unten hin (welche demzufolge von dieser Stelle an nicht länger von einem äusseren Ursprung hergeleitet werden kann), und von dort an wo dieser Uebergang erfolgt, wird zugleich die sonst nicht scharf zu bestimmende untere Grenze der Insolations-Schicht und der Beginn der eigenen Erdwärme angenommen, also liegt dort die Zwischengränze der solarischen und der tellurischen Temperatur. Die Tiefe dieser Grenze ist erkannt auf den mittleren Breiten als etwa 75 Fuss, so viel beträgt also hier die Mächtigkeit der Insolations-Schicht im Boden des Festlandes; so winzig schmal sie ist, so ist doch sehr wichtig, sie wohl zu unterscheiden.

Demnach findet sich in gewisser Tiefe des Erdbodens entschieden eine zweifache Aenderung, nämlich eine constante

Zunahme der Wärme nach unten hin, und keine Spur von der jährlichen Schwankung, welche allein der Sonnenstand bringt. Daher ist man sicherlich genöthigt hier die solarische Einwirkung als verschwunden und eine selbständige, der Erdkugel allein angehörende Wärme anzunehmen, welche man nennt die tellurische Wärme. Anerkannter Weise findet sich diese Zunahme der tellurischen Wärme nach der Tiefe hin in arithmetischer Progression überall auf der Erdkugel, wo man tief genug in den Erdboden dringt, und sie beträgt, obwohl mit manchen localen Verschiedenheiten, im Allgemeinen für jede Stufe von 100 Fuss 1° C. Es ist nicht aus der Erfahrung bekannt wie weit sie sich fortsetzt; aber selbst die extremsten Neptunisten der neuesten geologischen Schule *) müssen zugestehen, dass sie bis zum Siedepunkte des Wassers reicht und dass sie unzweifelhaft noch weiter sich fortsetzt. Zu unserem Zwecke genügt dies Zugeständniss. Indessen die Tiefe in welcher der Siedepunkt erreicht wird, muss (abgesehen von den Unterschieden des Luftdrucks) etwas näher der Oberfläche liegen unter dem Aequator, dagegen zunehmend tiefer nach den Polen hin, wie alle Bathotherm-Linien oder Flächen der Erde, indem bekanntlich die äusserste Temperatur-Schicht, die Insolations-Schicht, zugleich die klimatische Temperatur enthält und diese nach den höheren Breiten hin sich mindert, wie es das System der Isothermlinien darstellt. Denkt man sich nun die subterranen Isothermlinien oder die Bathotherm-Flächen, so verläuft von der äquatorialen Oberfläche an die Temperaturfläche von 27° C schräg abwärts in den Boden nach den Kälte-Polen hin in der Art, dass sie auf der Nord-Hemisphäre unter den mittleren Breiten liegt, etwa in 1700 Fuss Tiefe, aber unter den Kälte-Polen etwa in 4000 Fuss Tiefe; ferner die Bathotherm-Fläche des Siedepunkts würde verlaufen unter

---

*) Diese unbewusst dem psychologischen Gesetze im Fortschreiten des wissenschaftlichen Ganzen folgend, nämlich von einem Extreme überzugehen in das andere, sind sogar geneigt nun eine eigene Wärme im Innern der Erde zu läugnen und die dort vorhandene auch für solarischen Ursprungs zu halten, freilich ohne irgendeine Erklärung zu geben für deren Zunahme nach der Tiefe hin (s. J. Klein, „Ueber die innere Erdwärme“ in Heis' Wochenschr. für Astron., Meteorol. u. Geogr. 1868, Aug.).

dem Aequator etwa in der Tiefe von 7000′, unter den mittleren Breiten von 9000′, und unter den Kälte-Polen von 11,000 Fuss. Dies sind im Allgemeinen unzweifelhaft richtige Thatsachen, welche zu Anhaltspunkten dienen können.

Da die oberste Temperatur-Schicht, die Insolations-Schicht, ihre Temperatur auch der sie berührenden, ja auf ihr lastenden Atmosphäre erst übermittelt, nachdem von dieser zuvor die Wärmestrahlen der Sonne fast ohne Verlust hindurch gelassen sind, so wird die mittlere Temperatur jener Erdschicht zugleich ausgesprochen durch die klimatische, so ist das System der Isotherm-Linien zugleich angebend die Temperatur-Vertheilung in der Oberschicht, d. h. die terrestrische Temperatur, und ist diese also am Aequator etwa 27° C, auf den mittleren Breiten 10° und an den kalten Polen — 15° C. Wie schon gesagt, ist die Mächtigkeit der obersten Temperatur-Schicht gefunden zu 75 Fuss (zumal nach Quetelet); aber es ist noch eine Frage, ob diese nach dem Aequator hin zunehmend ist oder aber abnehmend, und entsprechend nach dem Pole hin entweder schmaler wird oder aber tiefer. Ziemlich vorherrschend ist die Vorstellung, sie sei unter dem Aequator am schmalsten und zunehmend an Tiefe nach dem Pole hin, nur weil dort die Amplitude der jährlichen Temperatur-Fluctuation eine sehr geringe ist, weshalb dort auch schon nahe unter der Oberfläche immer nahezu der mittlere Werth anzutreffen ist (nach der bewährten Erfahrung Boussingaults), und weil dagegen hier unter den höheren Breiten diese Amplitude am grössten ist (namentlich beruht darauf auch H. Bischofs Ansicht). Endlich ist noch als dritter Fall möglich, dass die Mächtigkeit überall gleich bleibe. Obgleich diese Frage für unseren Gegenstand nicht von wesentlicher Bedeutung ist, so muss doch gelegentlich geäussert werden, dass für uns diejenige Vorstellung mehr Geltung hat, welche annimmt, es sei die Mächtigkeit der Insolations-Schicht am tiefsten unter dem Aequator und sei abnehmend nach den Kälte-Polen hin, betragend dort vielleicht 150 Fuss, auf den mittleren Breiten 75′, und hier etwa 35′. Dafür sprechen sowohl theoretische wie empirische Gründe; denn die Theorie scheint die richtigere zu sein, welche nicht die grössere Amplitude der Schwankungen, sondern die Intensität der Insolations-Temperatur

selbst als bestimmend für deren tiefere Einwirkung ansieht. Die Intensität der Sonnenstrahlung ist aber unzweifelhaft am grössten auf dem intertropischen Mittel-Gürtel der Erdkugel, und muss demgemäss hier auch tiefer eindringen, einerlei ob dereinst unter ihr die Erdkugel allmälig sich abgekühlt hat, oder ob deren Oberfläche etwa vorher kühler war und durch sie erst allmälig erwärmt worden ist, und ferner, obgleich hier die Amplitude der Temperatur-Schwankungen bekanntlich so gering ist, und noch abnehmend nach unten hin, bald unmerklich, ja verschwindend klein werden muss. Ausserdem aber spricht dafür die Empirie; denn während bekanntlich auf den mittlern Breiten die mittlere Temperatur der Quellen gleich ist derjenigen des Erdbodens, und, was dasselbe ist, des Klima's, aber auf den niederen Breiten um mehr als 1° kühler, so ist bekanntlich auf den höheren Breiten die Temperatur der Quellen regelmässig nicht unbeträchtlich (um 2° — 3° C) wärmer als die mittlere klimatische Temperatur, obgleich die Quellen doch hier nicht wohl aus grösserer Tiefe kommen können als auf den mittlern und niedern Breiten. Am besten scheint dieser Unterschied zu erklären dadurch dass die Quellen auf den höheren Breiten schon in dem Gebiet der tellurischen Wärme ihren Ursprung nehmen oder einen Theil ihres Verlaufs haben und mit Wärme versehen werden.

Nun fragt es sich zunächst, ob die so winzig schmale Insolations-Schicht, welche die äusserste Decke des Festlandes bildet, und diesem in den mannichfachen Reliefbiegungen folgt, bis zu den höchsten Spitzen, gleichsam wie ein Ueberzug (etwa wie eine Versilberung), eine Gränze findet an den Küsten des Weltmeers, also da wo nicht länger das Luftmeer allein zwischen den Sonnenstrahlen und dem festen Boden liegt, sondern auch ausserdem das Element des Wassers als Weltmeer eine Einsenkung der Erdoberfläche bedeckend, welcher doch, trotz mannichfachen Ungleichheiten, eine mittlere Tiefe von etwa 15,000 Fuss zugeschrieben werden muss. Denn während auf dem Festlande die Sonnenstrahlen, nachdem sie die fast völlig durchlässige (diathermane) Atmosphäre durchdrungen haben, bekanntlich dem Erdboden die Temperatur liefern und diese durch Fortleitung in ihm sich weiter verbreitet, indem sie zugleich, erst von hier aus rückwirkend,

auch die Atmosphäre von unten her erwärmt, was geschieht theils durch Rückstrahlung, theils durch Fortleitung, und theils durch Ascension erwärmter Luftpartikel — so verhält sich dies anders auf der Oberfläche des zwischengelagerten Elements des Wassers. Nachdem hier die Sonnenstrahlen die Atmosphäre durchdrungen haben, und nun noch ein flüssiges Element antreffen, werden sie bald völlig gehindert noch weiter zu dringen, und gar den Grund zu erreichen und zu erwärmen; die Temperatur der Sonnenstrahlen wird von der obersten Schicht des Meers absorbirt, vielleicht nur bis einige 100 Fuss Tiefe, denn so weit reichend hat man die jährlichen Aenderungen der Temperatur zu finden gemeint. Aber zugleich hat das Wasser bekanntlich eine weit grössere Wärme-Capacität als der Erdboden, es verbraucht ausserdem noch Wärme bei der Verdunstung, und die Verbreitung der Wärme nach unten hin erfolgt nur durch die Fortleitung, welche sehr langsam ist, freilich im Laufe langer Zeiten beträchtlich werden muss; aber nicht etwa erfolgt sie auch durch Descension wärmerer Partikel, weil diese als leichter immer oben bleiben. Daher ist anerkannterweise die Temperatur des Meers von der Oberfläche nach unten hin abnehmend (ausser auf der Polarzone aus den besonderen Gründen der Schwere), bis etwa 4° C, das ist bis zur Maximal-Dichte und -Schwere des Wassers. Dagegen ist in der vertikalen Vertheilung der oceanischen Temperatur kein Zeichen zu erkennen, dass von unten her aufsteigende wärmere Wasserpartikel für die Einwirkung der tellurischen Wärme Zeugniss abgeben. Obgleich dies so sich verhält, bleibt dennoch fraglich, ob am Meeresgrunde die dort sich vorfindende niedrige Temperatur angehört der von oben herkommenden solarischen oder aber der tellurischen Wärme, weil letztere gerade so weit sich abgekühlt haben könnte. Jedenfalls versprechen die hierauf gerichteten Untersuchungen mehr Licht zu verbreiten auf die Anordnung der Temperatur-Verhältnisse im Ocean; aber es scheint auch, dass sie wirklich eine entscheidende Beantwortung selbst bringen, ähnlich, um ein Bild zu gebrauchen, wie einem Taucher zuweilen gelingt zu finden was er am Grunde auf rationelle und sorgsame Weise suchte.

§ 2.

Sehen wir zuvor — dieses Hülfsmittel der Vergleichung besitzen wir hier — wie das Gesuchte in einem kleinern und einfachern Massstabe sich darstellt, d. s. die Temperatur-Verhältnisse in den Land- oder Binnen-Seen.

Wenn wir zu diesem Zwecke annehmen, es befinde sich auf der Oberfläche des Festlandes der mittlern Breiten, auf der Isothermlinie von 10° C, eine Einsenkung im Erdboden, entsprechend der Gestalt eines Seebeckens von 1000 Fuss Tiefe, so können hier im Allgemeinen in Hinsicht auf die Temperatur drei verschiedene Fälle als möglich gedacht werden; erstlich: das Seebecken ist plötzlich und frisch entstanden, dann würden die Wandungen und der Grund die tellurische Temperatur zeigen, nämlich in Stufen bis 20° C, und falls es rasch mit Wasser angefüllt worden wäre, müsste auch dies jene Temperatur angenommen haben; zweitens: die Einsenkung könnte schon seit uralten Zeiten bestehen, aber ohne Wasser zu enthalten, also von der Atmosphäre berührt werden, dann würde die Oberfläche schon seit lange ihre tellurische Wärme verloren haben und wie die allgemeine Oberfläche der Erde die Insolations-Temperatur besitzen, innerhalb der bekannten oberen Schicht, also inmitten der jährlichen Schwankungen etwa 10°—12° C; drittens: die Einsenkung besteht schon seit Urzeiten, aber mit Wasser gefüllt, dies ist der Fall wie er wirklich in den Land-Seen vorliegt, und diesen haben wir näher zu betrachten.

Ueber das Verhalten was die Land-Seen zeigen in Hinsicht auf die senkrechte Vertheilung ihrer Temperatur haben wir mehre auf den mittlern Breiten gewonnene Erfahrungen, welche wenigstens hinreichen um das allgemein Gesetzliche darin zu erkennen. Jedoch darf nicht unterlassen werden auszusprechen, dass wünschenswerth ist bathothermische Untersuchungen einer grössern Zahl von Seen zu Theil werden zu lassen, und selbst die schon angestellten noch zu vervollständigen, z. B. sind sie noch sehr sparsam im Winter aufgenommen, und fehlen sie noch völlig auf der heissen Zone, während sie nicht ganz fehlen auf dem kältesten Polargebiete.

Es kann schon als erwiesen angenommen werden, dass die Temperatur und deren senkrechte Vertheilung im Wasser der Land-Seen rein solarischen Ursprungs ist; indessen in Folge der eigenthümlichen hydrothermischen Gesetze ist sie eine andere als wie sie sein würde, wenn das Becken anstatt mit Wasser mit der Atmosphäre erfüllt wäre. Denn da die Luft für die Sonnenstrahlen durchlässig ist, so erfährt der feste Grund auf welchem sie ruht zunächst die Erwärmung (und auch die Abkühlung mittelst Ausstrahlung, wie auch durch Regen und Schnee); aber da bekanntlich das Wasser für die Sonnenstrahlen nicht so weit durchlässig ist, dass der Grund tieferer Seen davon berührt würde, so ist es nur die obere Schicht des Wassers, welche die Sonnenwärme annimmt (und auch sie wieder verliert mittelst Ausstrahlung), bis in eine gewisse geringe Tiefe. Dazu kommt dann noch die besondere Eigenschaft des Wassers, am dichtesten und schwersten zu werden bei der Temperatur von 4° C. So kommt es zu Stande dass die oberste, wärmste und leichteste Schicht beständig oben bleibt, aber im Winter, in Folge der ebenfalls allein auf der Oberfläche statthabenden Abkühlung, die kälter gewordenen Partikel allmälig abwärts sinken, bis oben die Temperatur von 4° C (und weiter bis zu Frost und Eis) erreicht ist, denn nun ist die noch mehr als 4° C abkaltende Schicht wieder die leichtere und oben bleibende geworden. Demnach wird diese Umkehrung der Temperatur und Schwere, welche im Jahresgange oben erfolgt, niemals getheilt von der Grundschicht, wo das bis 4° C abgekühlte Wasser, nachdem es einmal untergesunken ist, auch für immer sich erhält, weil es immer das schwerste bleibt, indem gar kein Mittel vorhanden ist dass dessen Temperatur dort sich erhöhe oder aber noch kälter werde. Der Vorgang im Jahresgange ist also dieser: ein Land-See erfährt regelmässiges Zunehmen und Abnehmen seiner Temperatur nur innerhalb einer obersten Schicht, die etwa 200—300 Fuss mächtig ist, weiter unterhalb bleibt die Temperatur constant die des untergesunkenen schwersten Wassers, nahe bei 4° C, aber niemals weniger; auf der Oberfläche ist die Temperatur im Mittel des Jahrs etwa 10°, wird im Sommer etwa 20°, im Winter 4° bis 0° und Eis bildend. Die Erwärmung im Sommer geschieht mit nur langsamer Verbreitung

nach unten hin, weil diese nur mittelst Fortleitung zu Stande kommt. Nach der Sommerhöhe beginnt die Abkühlung, und diese erfolgt mit rascherer Verbreitung nach unten hin, weil die erkalteten Wasserpartikel untersinken (indem zum Ersatze dafür die nun relativ wärmer gewordenen unteren aufsteigen). So wird dann ein vertikaler Austausch unterhalten in der obern Schicht, so weit diese veränderlich ist, welcher aber nur so lange sich fortsetzen kann bis ein gleicher Temperaturgrad von oben bis unten bestehend erreicht ist, nämlich der des Dichtigkeits-Maximum, 4° C; noch ferner erkaltetes Wasser wird wieder leichter und bleibt auf der Oberfläche schwimmend, zumal eine Eisdecke, und diese wird dann auch die beste Schutzdecke, um die fernere Ausstrahlung von Wärme unter sich zu hindern. So ist verständlich, dass im Sommer die Temperatur eines Sees nach unten hin abnehmend ist, im Winter aber zunehmend, und in einer Zwischenzeit gleichmässig. Da aber die Grundschicht ihre Temperatur der Maximal-Dichte des Wassers unabänderlich behält, so muss diese Temperatur auch den untern Wandungen des Seebeckens mitgetheilt werden und ist in solcher Weise die solarische Einwirkung auch in der Grundtiefe die herrschende geworden, d. h. die Insolationsschicht hat eine Fortsetzung auch in den Wandungen der Land-Seen.

Einige Beispiele der in Seen gefundenen Temperatur-Vertheilung, auf den mittleren Breiten, zur Nachweisung hier anzuführen, wird wohl nicht für überflüssig erscheinen:

	Sommer		Winter	
	oben	unten	oben	unten
Genfer-See (Tiefe 920′—1155′)	21°.1 C	5°.1 C (150′ tief)	5°.5 C	5°.2 C (950′ tief)
	19°.5	6°.5 (950′ tief)		
Thuner-See (T. 720′)	19°.0	5°.0 (350′ tief)		
Vierwaldst. See (T. 600′—1346′)	20°.5	4°.8 (600′ tief)		
Boden-See (T. 966′)	18°.0	4°.5 (370′ tief)		
Lago maggiore (T. 335—820)	25°.0	6°.5 (335′ tief)		

Es ist deutlich ersichtlich, dass die Temperatur der Seen schon in einer nicht beträchtlichen Tiefe der des dichtesten Wassers nahe kommt, während nur oberhalb dieser constanten Grundschicht jährliche Schwankungen vorgehen. So muss man unterscheiden zwei übereinandergelagerte Temperatur-Schichten, eine obere veränderliche und eine untere unveränderliche (zugleich in allen Seen gleich temperirte, d. i. die homothermische Grundschicht). Was die Mächtigkeit der oberen veränderlichen Schicht betrifft, so lehrten wenigstens Untersuchungen im 950′ tiefen Genfersee, dass schon etwa in 240 Fuss Tiefe die Abnahme der Temperatur nach unten hin, und vielleicht also auch deren Schwankungen oder Veränderlichkeit aufhörten, und dass demnach in den drei unteren Vierteln die Temperatur constant war, etwa mit 6°.3 C, und so bis 923′ tief sich erhielt (nach de la Bêche) *). Der Bodensee kann in sehr strengen Wintern eine Eisdecke bekommen, jedoch nicht an den tiefsten Stellen. Der kleine Hochsee beim St. Bernhard-Hospiz, in 7600′ Höhe ist nur 33 Fuss tief, aber obgleich er 8 bis 9 Monate im Jahre überfroren bleibt, erreicht doch dessen Eisdecke nur eine Dicke von $2^1/_2$ Fuss (und sehr wahrscheinlich hat die unterste Grundschicht sogar im Winter nur etwas weniger als 4°, als Rest der sommerlichen Temperatur).

Bisher haben wir immer nur von Seen auf den mittleren Breiten gesprochen, in unserem gemässigten Klima, welches jedoch nicht ohne strengen Frost bleibt. Es ist nothwendig,

---

*) Genauer schien die Temperatur in der Tiefe von 240′ bis 420′ überall 6°.6 C zu sein, und in der Tiefe von 480′ bis zum Grunde herrschte durchaus die permanente Temperatur von 6°.3 C. Zu wiederholen ist das Bedauern, dass kaum noch mehr bathothermische Untersuchungen zu Gebote stehen; es sind überhaupt erst wenige vorhanden, die Hydrographie ist noch nicht so weit gekommen. Die verschiedenen Tiefen der Seen bringen in deren Temperatur-Verhältnissen Unterschiede, aber die Gesetze lassen sich noch nicht näher angeben. Jedoch vermuthen lässt sich dass ein See, der weniger tief ist als 400′, im Sommer nicht die Temperatur des schwersten Wassers am Grunde bewahren kann, im Winter aber wird sie schon ein See bewahren, der vielleicht nur 50′ Tiefe hat. Tiefe Seen frieren später über als untiefe, vielleicht aber betrifft dies nur die Tiefe der oberen, veränderlichen Schicht. Obige Gesetze zeigen auch die baier'schen Seen (s. Ausland 1868, Sept.).

auch einen Blick zu werfen auf die Landseen in dem kältesten und in dem heissesten Gebiete. — Nicht ganz entbehren wir der Nachrichten über die Temperatur-Vertheilung in einigen Seen in den kältesten Räumen der nördlichen Polarzone, also im perennirend gefrornen Erdboden; namentlich wurde in der Nähe des magnetischen Pols in Amerika gefunden, dass ein Landsee am Ende des Winters eine Eisdecke trug von 11 Fuss Dicke, und dass auf einem anderen See diese nur 5 Fuss mächtig war (nämlich in 30 Fuss Entfernung vom Ufer), und in der Mitte sogar nur 2 Fuss, wo die Tiefe weit grösser war und unterhalb der Eisdecke hatte das flüssig gebliebene Element die Temperatur von 0° und ernährte es Fische. Unstreitig war die Temperatur noch zunehmend nach unten hin, aber es ist nicht zu ersehen ob die Grundschicht bis 4° C erreicht hatte, was jedoch kaum zu erwarten ist, da die klimatische Temperatur hier selbst im wärmsten Monate Juli nur momentan so hoch sich erhebt. Wir sprechen hier von Boothia (70° N, 92° W), nach John Ross (Second Voyage etc. 1834), und dort ist die mittlere Julitemperatur gefunden binnen vier Jahre bez. 6°.8; 3°.3; 1°.6 und 2°.0 C, im Mittel also 2°.6 C, aber es ist anzunehmen, dass die Wandungen des Seebeckens, obgleich im ewigen Bodeneise gelegen, welches — 15° C Kälte im Jahresmittel besitzt, eine um mehre Grade über 0° reichende Temperatur im Sommer angenommen haben und diese auch im Winter bewahren. Uebereinstimmende Berichte von polarischen Land-Seen haben wir aus dem nördlichsten Sibirien, in welchen im ewig gefrornen Boden flüssiges Wasser und Fische unter 9 Fuss dicker Eisdecke sich erhalten (nach von Wrangell), und auch von Spitzbergen, wo in der Kobbe-Bay Landseen sich finden; einer war 18′ tief, hatte im Mai eine Eisdecke von 5′ Dicke, darunter Fische, Krebse und am Grunde 1°.5 C Temperatur; im September eisfrei hatte er oben 1°.4, unten 2°.1 C (Malmgrén, die schwedische Expedition nach Spitzbergen, Peterm. g. Mitth. 1863).

Ueber die Temperatur in der Tiefe in den Land-Seen der heissen Zone entbehren wir leider völlig der empirischen Untersuchnngen; in der That so weit die Kenntnisse des Verfassers reichen, ist noch niemals das Thermometer in die Grundschicht eines Sees in den intertropischen Gegenden ge-

senkt worden. In Bezug auf diese können wir nur aus Analogie die theoretische Folgerung ziehen, aber mit Sicherheit, dass dort die Grundschicht keine beträchtlich kühlere Temperatur besitzen kann als die oberste Schicht, also immer nahe bei 27° C, weil auf der Oberfläche niemals Veranlassung ist dass kühlere Wasserpartikel entstehen und in die Tiefe sinken, wo sie sich erhalten würden; sondern es ist wahrscheinlich, dass im Laufe der Zeiten die Temperatur von oben nach unten allein mittelst der langsamen Fortleitung sich mitgetheilt hat. Wenn man ausserdem auf die tellurische Temperatur Rücksicht nimmt, so ist bei der eben geäusserten Vorstellung zugleich angenommen, dass auch hier die Wandungen des Seebeckens sich abgekühlt haben bis zur Ausgleichung mit der Temperatur des flüssigen Inhalts, und also die solarische Temperatur angenommen haben. Sicherlich ist es überflüssig noch ausdrücklich zu äussern, dass hier empirische Belege durch einige bathothermische Untersuchungen in den zahlreichen Seen der heissen Zone der Wissenschaft sehr willkommen sein würden. Kaum kennen wir von einem derselben nur die Tiefe (nur von einem Hochsee, dem Titicaca-See in Bolivia, 11,830′ hoch, ist sie bekannt, 610′).

Nehmen wir nun einen Ueberblick über die Zonen, so haben wir gefunden: auf den mittleren Breiten besitzen die Seen von einer gewissen hinreichenden Tiefe eine permanente homothermische Grundschicht von oder von wenig über 4° C, d. i. auf den Gebieten, wo im Winter die Gewässer auf ihrer Oberfläche hinreichend, wenigstens bis so weit oder richtiger noch tiefer abkalten, weil nur dann die obersten Wassertheile untersinken bis zum Grunde, wo sie bleiben und auch im Sommer nicht mehr erwärmt werden. Auf den höchsten und kältesten Breiten dagegen ist die Sommer-Temperatur in dieser Hinsicht bestimmend, weil nur dann in den Seebecken durch Schmelzen des Eises flüssiges Wasser gebildet wird, welches hier zwar kaum 4° C erreicht, aber dennoch beim Gefrieren der Oberfläche (deren Eisdecke etwa nur 11 Fuss Mächtigkeit erreicht), als schwerer unten bleibt, eine nach unten hin zunehmende Temperatur besitzt, selbst im Winter bewahrt, und diese auch den Wandungen im ewigen Eisboden mittheilt. Auf den unteren und wärmsten Breiten, wo nie-

mals Frost, ja auch niemals nur eine beträchtliche Minderung der constanten klimatischen Temperatur auf der Oberfläche der Seen vorkommt, weder durch Ausstrahlung noch durch Schnee und kalte Winde (ausser in den Hochregionen), muss die Grundschicht eine gleiche Wärme besitzen wie die Oberfläche, also die vertikale Temperatur-Vertheilung eine gleichmässige sein, unter dem Aequator betragend etwa 27° C. Die Uebergänge zwischen den drei Zonen lassen sich unschwer denken.

§ 3.

Hiermit haben wir eine Grundlage gewonnen für das Verständniss des Ursprungs und der Vertheilung der Temperatur auch im Ocean. Wenn wir uns eine Kette von Land-Seen denken, sich erstreckend vom Aequator nach den Polen hin, so würde dasselbe Verhalten sich darstellen, falls sie auch unter einander in zusammenhangender Verbindung ständen. In der That das Temperatur-Verhältniss im Weltmeer ist völlig homolog wie in den Land-Seen, nur mit dem Unterschiede dass dessen grosse Wassermassen ein zusammenhangendes Ganzes bilden, über alle Zonen sich ausdehnend, und auch in horizontaler Richtung einen Austausch unterhaltend, welcher beruht auf der Temperatur-Differenz zwischen den wärmsten und den kältesten extremen Räumen der beiden Halbkugeln. Aber nicht etwa bringt auch der Salzgehalt einen Unterschied, sondern in dieser Hinsicht ist noch einmal hervorzuheben, dass früher das Verständniss erschwert, ja unmöglich war durch die irrige Vorstellung der Physiker, im Gegensatze zu nautischen hydrographischen unverwerflichen Zeugnissen, betreffend das Dichtigkeits-Maximum des Meerwassers, welches jene annahmen als sehr verschieden von dem des salzlosen Wassers, nämlich eintretend erst etwa bei —4°.0*), während

*) In einem hochgeachteten Lehrbuch der Physik 1863 ist noch zu lesen: „Die niedrigste Temperatur, welche das Meerwasser erreicht bis es gefriert, kann —4° C werden, und da es bis zum Moment des Gefrierens immer schwerer wird und man doch die Temperatur von —4° C noch nie im Meere beobachtet hat, so ist wahrscheinlich, dass es von unten her erwärmt wird.“ — Die Geologen neigen im Allgemeinen zu solcher Vorstellung.

richtig ist es anzunehmen in jenem wie in diesem etwa bei + 4° C (obgleich der Frostpunkt verschieden ist, nämlich im 3.3 Proc. Salz haltenden Meerwasser erscheint er erst bei — 2° 2 C). Hierfür stehen nun die Beweise fest, als Autoritäten stehen dafür Seefahrer ersten Ranges, welche noch einmal zu nennen überflüssig ist; während auf der anderen Seite Experimente die in engen Gefässen angestellt sind, nicht länger als richtige Gegenbeweise angesehen werden können*). Aber am unabweisbarsten stellt sich das Gesetzliche dar in der grossen Natur selbst; wie dies schon früher gezeigt ist im System der Meeresströmungen, welche eben jenem hydrothermischen Gesetze zufolge bei ihrem Begegnen entweder untertauchen oder oben bleiben **), so auch bestätigt es sich nun wieder bei der allgemeinen Temperatur-Vertheilung.

Die Temperatur-Vertheilung im Ocean, in horizontaler wie in vertikaler Richtung betrachtet in ihren Grundzügen mit unserer Erklärung, ist diese: 1) In horizontaler Richtung. Die Oberfläche des Weltmeers hat auf dem Aequator eine Temperatur von etwa 27° C, diese ist abnehmend nach den höheren Breiten hin, bis sie in der Polargegend, im Sommer etwa 0°, im Winter den Frierpunkt des salzigen Wassers erreicht, — 2°.C (freilich auf der Eisdecke bis — 50° C u. s. w.); hierbei ist abgesehen von den räumlichen und auch zeitlichen Verschiedenheiten, welche die Strömungen bringen. 2) In vertikaler Richtung; die Temperatur ist nach unten hin abnehmend bis zum besprochenen Temperatur-Grade des schwersten Wassers, was in der Tiefe eine allgemeine Grundschicht bildet von nahe 4° C ***); so lauten mit geringen Unterschieden übereinstimmend die Befunde sehr guter Autoritäten, namentlich von E. Lenz, Beechey, James Ross, Dupetit Thouars, d'Urville, Darondeau u. a. Die Abnahme der Temperatur nach unten hin ist der Art, dass sie unter dem Aequator etwa

---

*) S. II. Note 1.

**) S. II. „Ueber das System des Meeresströmungen im Circumpolar-Becken der Nord-Hemisphäre."

***) Es bleibt vorbehalten, wie schon öfters gesagt, dass der mit der Tiefe zunehmende eigene Druck des Wassers darin einige Aenderung bringt, und dass die Minimum-Thermometer unsicher sind.

in 6500 Fuss Tiefe die Temperatur des schwersten Wassers erreicht, und damit die allgemeine Grundschicht, auf den mittleren Breiten aber schon etwa in 3000′ Tiefe, so dass die obere Fläche der Grundschicht schräg aufsteigt nach den höheren Breiten hin, bis sie auf der Oberfläche erscheinend den Pol umgeben muss wie ein kreisförmiger Wall, indem sie weiterhin wieder schräg abwärts steigt und nun über ihr kälteres Wasser sich findet, und demnach dort eine Zunahme der Temperatur nach unten hin statt hat. Also erkennen wir den Grund des Oceans eingenommen von einer schwersten Wasserschicht im Allgemeinen wie in den Land-Seen. Wenn wir die mittlere Tiefe des Weltmeers annehmen zu 15,000 Fuss, so ersieht sich wie beträchtlich die Mächtigkeit dieser Grundschicht ist, und wenn wir bedenken, dass die Temperatur derselben eine permanent gemeinsame ist (weshalb sie „homothermische Grundschicht" zu nennen vielleicht passend wäre), so folgert sich auch, dass Bewegungen, Strömungen, welche in Temperatur-Differenzen ihr Motiv haben, in ihr nicht vorkommen können, sondern dass in ihr tiefe Ruhe herrscht (weshalb die Kabel ungestört liegen und Erosionen des Meergrundes nicht wohl vorkommen können) *).

Indessen bei Vergleichung der Temperatur-Vertheilung im Meer mit derjenigen in den Land-Seen ist noch hervorzuheben, dass ein Unterschied zwischen beiden besteht auf der heissen Zone, indem hier die Land-Seen keine kühle Grundschicht besitzen, weil auf der Oberfläche keine Abkaltung zu Stande kommt. Demzufolge kann man die hier nicht fehlende kalte Grundschicht des Oceans erklären n u r dadurch, dass

*) Sehen wir nach unmittelbaren Bestätigungen hierfür, so finden wir sie, z. B. in Ehrenberg's Untersuchungen über die Tiefgrund-Verhältnisse des Oceans zwischen Grönland und Labrador und Island, 54° bis 62° N (s. Monatsber. d. Berl. Akad. d. W. 1861, Febr.), in Tiefen von 6000 bis 12540 Fuss. Er sagt p. 287: „In allen grösseren Tiefen-Verhältnissen ist keine Spur von Wirkung bewegender Kräfte auf die Bodenbedeckung erkennbar. Der Sand ist nicht Rollsand, sondern Trümmersand. Nur e i n e Probe von den 8 untersuchten zeigte Rollsand und mag daher einer Strömung oder einer Wellenbewegung ausgesetzt gewesen sein. Diese stammte aus unbekannter Tiefe, bei Labrador, 62° 40′ N, 29° W." — Die neuesten Untersuchungen der Meeres tiefen haben jenes Ergebniss nicht widerlegt.

Wasser aus den höheren Breiten herbeigeführt ist und stets wird in den mittleren Schichten, wie denn auch eine solche allgemeine Circulations-Strömung im Ocean besteht und längst anerkannt ist. Unter dem Aequator muss dann ein Theil der kälteren Strömung aufsteigen, trotz der niedrigen Temperatur, zum Ersatz für das oben abfliessende wärmere (s. die Note).

Das Ergebniss unserer Untersuchungen lässt sich mit kurzen Worten so aussprechen:

> Wenn der Meeresgrund dereinst die seiner Tiefe entsprechende Temperatur der eigenen innern Erdwärme besessen hat, so ist dessen Temperatur doch jetzt die des schwersten Wassers, ihm mitgetheilt vom Meerwasser, dessen Temperatur bestimmt wird allein durch die solarische Einwirkung (vorbehalten einige Aenderungen der Temperatur am Grunde durch den Druck).

Schliesslich dient noch zur Veranschaulichung unseres Gegenstandes, dass das Raumverhältniss der oceanischen Wassermasse zur ganzen Erdkugel gleich ist ungefähr dem auf einer Kugel von 2 Metern im Durchmesser, bedeckt im grössten Theile mit einer 1 Millimeter hohen Wasserschicht; in diesem nassen Ueberzuge einer um ihre eigene Achse und um einen fernen Mittelpunkt sich wälzenden Kugel ereignen und finden sich unter der bestimmenden Einwirkung der wärmenden Sonnenstrahlen die Erscheinungen von denen wir gesprochen haben, die Temperatur-Vertheilung, die Strömungen und die ruhige Schicht am Grunde. Zur Vervollständigung kann man noch hinzufügen: darüber lastet ein Luftmeer, die Atmosphäre mit einer Höhe von etwa 10 Millimeter, ohne welche höchst wahrscheinlich der ganze Ocean nur in Dampfgestalt vorhanden wäre, wie dagegen falls etwa ein stärkerer Druck der Atmosphäre bestände die Verdunstung und die Dampfmenge vermindert, die Meeresfläche erhöhet, die Winde trockner und auch schwerer werden würden, wenn nicht etwa zugleich solche Folgen wieder ausgeglichen würden durch eine entsprechende Erhöhung der Temperatur, d. i. durch Verstärkung der Insolation, — so dass, vielleicht dieser zunächst angemessen, eben hier eine bestehende vernünftige Proportionalität im physikalischen Triebwerke der Erde besonders unverkennbar hervortritt.

Note.

Ueber die niedrigere Temperatur des in der oceanischen Circulation unter dem Aequator ascendirenden Wassers.

Man kann die Forderung stellen, da im Meere unter dem Aequator das vom Pole kommende kältere Wasser aufsteigt, müsse sich dies aussprechen in der vertikalen Temperatur-Vertheilung. Dies bewährt sich auch wirklich. — Eine besonders werthvolle und auch anschauliche Zusammenstellung der oceanischen Temperatur-Vertheilung hat E. Lenz gegeben, der Begleiter auf O. von Kotzebue's zweiter Reise um die Welt, indem er eine mittlere Tiefe von etwa 400 Par. Fuss (= 130 Meter) dabei festhielt und die Breiten entlang verfolgte. (S. Bulletin phys.-math. de l'acad. de St. Petersbourg und Poggendorff's Annal. d. Physik B. 20, 1830 *).) Dies Verfahren gewährt den Vortheil, zu erkennen, dass in den drei grossen oceanischen Becken, nämlich im nördlichen und südlichen atlantischen, und im nördlichen pacifischen Meere, eine rasche Abnahme von der Oberfläche bis zur angegebenen mittleren Tiefe von 130 Meter erfolgt, wenigstens in dem Gebiete zwischen dem Aequator und der 40sten Parallele. Es zeigt sich dass diese Abnahme weit rascher, das heisst in kürzeren Stufen, sich ereignet in der Nähe des Aequators, etwa zwischen 15° N und 15° S; und zwar geschieht dies in solchem Grade, dass, obgleich bekanntlich auf der Oberfläche die Temperatur des Meerwassers von den höheren Breiten nach dem Aequator hin zunehmend sich verhält, sie dagegen in jener Tiefe in derselben horizontalen Richtung sogar umgekehrt dahin abnehmend ist. Folgendes Schema kann man darüber aufstellen zur Veranschaulichung im nordhemisphärischen Atlantischen Meere (hinreichend übereinstimmend verhält es sich in den genannten beiden anderen Meeresbecken):

*) Auch zu finden in dem schatzartigen Sammelwerke: „Lehrbuch der Meteorologie", von E. E. Schmid, 1860, p. 191.

Im nordhemisphärischen Atlantischen Ocean.

reitegrad	0^0 bis 3^0	6^0	9^0	12^0	15^0	18^0	21^0	24^0	27^0	30^0	33^0	36^0	39^0	42^0	45^0N
'emperat. der Oberfläche	$28^0.6$	27.9	26.5	26.2	24.2	25.3	24.5	24.6	24.4	23.1	22.2	22.1	20.1	17.8	$16^0.3$C
'emp. in 130m mittl. Tiefe	$14^0.5$	14.3	14.4	15.2	14.5	19.3	20.1	20.6	20.5	18.7	15.5	16.7	16.2	14.7	$12^0.0$C
ifferenz	$14^0.1$	13.6	12.1	11.0	9.7	6.0	4.4	4.0	3.9	4.4	6.7	5.4	3.9	3.1	4.3C

Nach unserem Systeme lässt sich dies auffallende Verhalten sehr wohl erklären dadurch, dass das kalte, vom Pole herkommende Wasser in der Nähe des Aequators eine aufsteigende Richtung annehmen muss, obgleich es kälter und schwerer ist, weil so die Compensation des auf der Oberfläche nach dem Pole hin zurückfliessenden Wassers besorgt werden muss und schon wirkend ist.

Hiernach wäre der Betrag der Abnahme der oceanischen Temperatur innerhalb der obersten Schicht für die Stufen von 100 Fuss im Mittel 3° C, für das Gebiet vom 15ten Breitengrade an bis zum Aequator (in den höheren Breiten aber findet sich nicht diese rasche Abnahme in der bezeichneten oberen Schicht). Bekannt ist, dass in den noch tieferen Schichten diese Abnahme weit und zunehmend langsamer, d. h. in weit grösseren Stufen, erfolgt, indem unter dem Aequator ja erst etwa in 6200 Fuss Tiefe 4° C erreicht wird; das ergäbe im Mittel eine Abnahme für diese Stufen von 100 Fuss nur zu 0°.2 C.

Es kann nicht überflüssig erscheinen, ein ähnliches Schema der Temperatur-Vertheilung auch von den beiden anderen oceanischen Gebieten aufzustellen:

Im nordhemisphärischen Pacifischen Ocean.

Breitegrad	0^0 bis 3^0	6^0	9^0	12^0	15^0	18^0	21^0	36^0 N
Temperatur der Oberfläche	$28^0.3$	27.6	27.0	26.1	24.6	23.2	22.9	$20^0.8$ C
Temp. in 130m mittl. Tiefe	$13^0.9$	13.6	16.4	17.0	16.0	15.7	16.5	17.3 C
Differenz	$14^0.4$	14.0	10.6	9.1	8.6	7.5	6.4	$3^0.5$ C

Im südhemisphärischen Atlantischen Ocean.

Breitegrad	9°	12°	15°	18°	21°	30°	33°	36°	39° S
Temperatur der Oberfläche	30°.5 (?)	28°.8	27.8	27.7	26.8	25.0	24.3	22°.2	16°.4 C
Temp. in 130m mittl. Tiefe	13°.4	16.6	16.3	20.8	20.7	17.8	16.7	11°.0 (?)	11°.5 C
Differenz	17°.1	12.2	11.5	6.9	6.1	7.2	7.6	11.2	4°.9 C

Demnach sprechen die thermischen Verhältnisse in allen drei oceanischen Becken dafür, dass die aufsteigende Bewegung der untermeerischen polarischen Meeresströmung Statt hat etwa in dem Gebiete zwischen 15° N und 15° S, und sie ist dann zu denken als erfahrend eine schräge, nach West hingehende Richtung, wodurch die Aequator-Strömung entsteht, in Wirkung sowohl der Centrifugalkraft der Erdrotation, wie auch der damit nach oben hin erfolgenden Zunahme der Rotations-Geschwindigkeit, was früher schon besprochen worden ist (s. Cap. I.).



Das System der Meeresströmungen im Circumpolar-Becken der Nord-Hemisphäre.

In Vandenhoeck & Ruprecht's Verlag in Göttingen [illegible]
[illegible] Buchhandlungen zu beziehen:

BIBLIOTHECA

GEOGRAPHICO-STATISTICA

ET OECONOMICO-POLITICA

oder

systematisch geordnete Uebersicht der in Deutschland und dem Ausland auf dem Gebiete der gesammten Geographie, Statistik und der Staatswissenschaften erschienenen Bücher

herausgegeben

von

Dr. **W. Müldener.**

16. Jahrg. 1868. 2 Hefte. 252 S. gr. 8. Preis 20 [illegible]

Das erste Heft für 1869, die von Januar bis Juni erschienene Literatur umfassend, verlasst eben die Presse.

BIBLIOTHECA

HISTORICO-NATURALIS,

PHYSICO-CHEMICA ET MATHEMATICA

oder

systematisch geordnete Uebersicht der in Deutschland und im Ausland auf dem Gebiete der gesammten Naturwissenschaften und der Mathematik neu erschienenen Bücher

herausgegeben

von

Prof. Dr. **H. Guthe.**

18. Jahrg. 1868. 2 Hefte. 210 S. gr. 8. Preis 17 [illegible]

Das erste Heft für 1869, die von Januar bis Juni erschienene Literatur umfassend, verlasst eben die Presse.

Es gewähren diese halbjährlich erscheinenden Kataloge die beste und vollständigste Uebersicht über die auf den verschiedenen Gebieten der Wissenschaft im In- und Ausland erschienenen Novitäten. Die Anordnung ist eine streng systematische; ein jedem Jahrgang angefügtes alphabetisches Register erleichtert das Aufsuchen der Titel auch nach den Namen der Autoren.

Druck der Univ.-Buchdruckerei von E. A. Huth in Göttingen.